



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

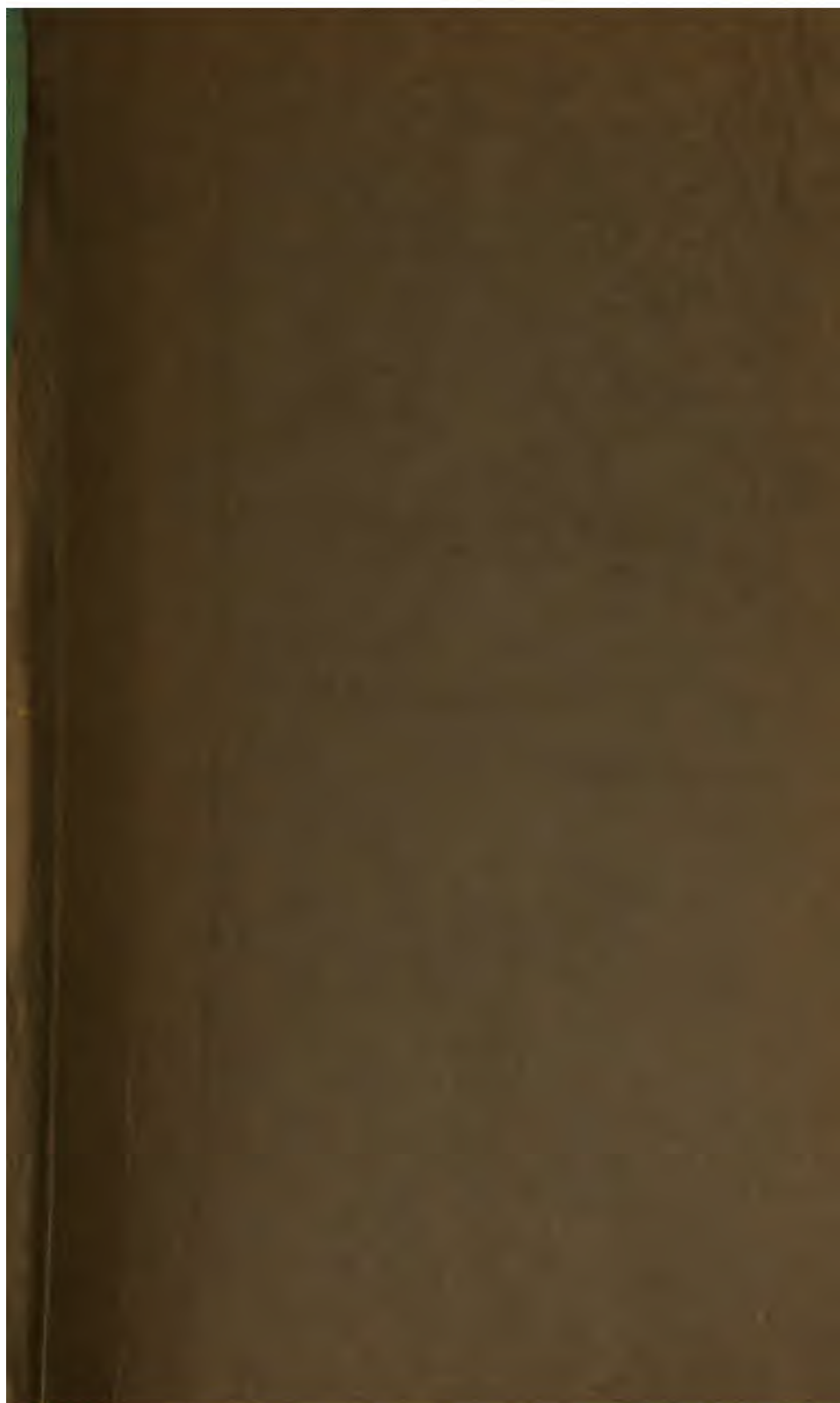
Nous vous demandons également de:

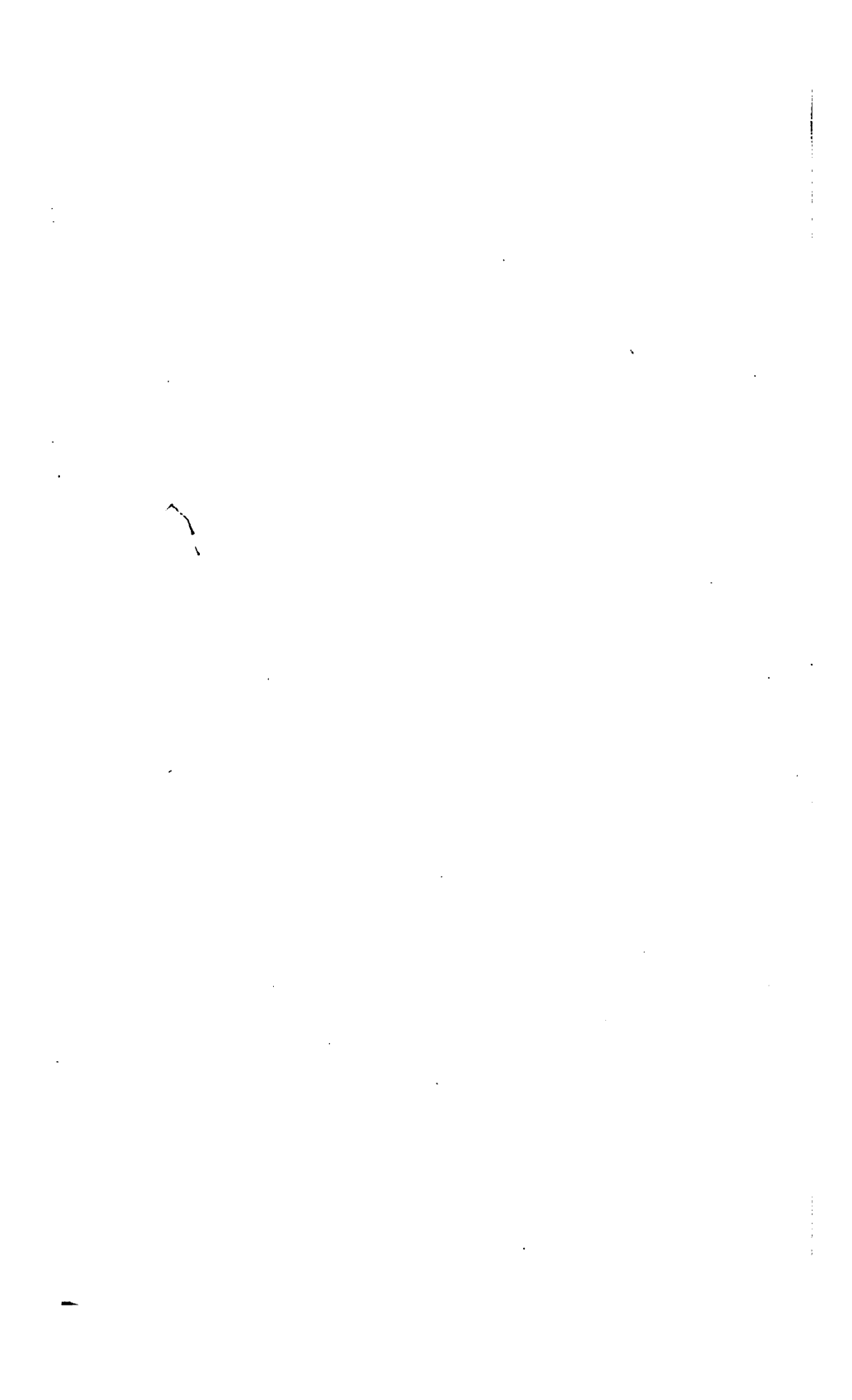
- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>







G
177
.D34

APERÇU GÉNÉRAL
DES
SCIENCES DU MONDE MATÉRIEL

9177

TRAVAUX DU MÊME AUTEUR

CHEZ LES MÊMES LIBRAIRES

Coup d'œil historique sur la pile de Volta (*Archives de médecine navale*, février 1875 et tirage à part, in-8 36 pages.)

De l'appareil électro-médical Volta faradique de Gailfe (*Archives de médecine navale*, Juillet 1874 et tirage à part in-8 de 24 pages).

CLASSIFICATION DES SCIENCES

APERÇU GÉNÉRAL

DES

SCIENCES DU MONDE MATÉRIEL

ET DE LEUR FILIATION

PAR

M. C. DELAUDA

PHARMACIEN EN CHEF DE LA MARINE



PARIS

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

Rue Hautefeuille, 19, près le boulevard Saint-Germain

Londres

BAILLIÈRE, TYNDALL AND COX

Madrid

C. BAILLY-BAILLIÈRE

1876

Extrait des *Archives de médecine navale*

Vignaud
1-17-38

ÉCOLES DE MÉDECINE NAVALE

ÉCOLE DE ROCHEFORT

CLASSIFICATION DES SCIENCES

APERÇU GÉNÉRAL

DES SCIENCES DU MONDE MATÉRIEL

ET DE LEUR FILIATION

PAR M. C. DELAUAUD

PHARMACIEN EN CHEF DE LA MARINE

DISCOURS D'OUVERTURE DES COURS

PRONONCÉ LE 4 NOVEMBRE 1878¹

Sommaire.

AVANT-PROPOS — Esprit général de cette étude. — Ses difficultés. — Ses limites.

Tableau de la classification des sciences matérielles.

I. GÉNÉRALITÉS. — Notions fondamentales sur la matière et les corps ; — sur l'éther ; — sur le temps et l'espace.

Points de vue divers dans l'étude des sciences. — Progression dans la série des sciences fondamentales. — Leur dépendance hiérarchique. — Leur but théorique commun. — Lois ; unités. — Principes ; hypothèses. — Des forces (théorie mécanique de la chaleur). — Sciences mixtes. — Série parallèle des sciences appliquées ou naturelles. — Ordre d'étude à suivre.

II. CONSIDÉRATIONS SUR CHAQUE DES SCIENCES MATÉRIELLES EN PARTICULIER.

1^{re} série. — Sciences fondamentales (se reporter au tableau).

2^e série (parallèle). — Sciences appliquées ou naturelles (se reporter au tableau).

Sur les sciences noologiques, et Conclusion.

Messieurs,

Il y a longtemps (c'était dès le commencement de ma carrière) que je me suis occupé du sujet que je vais avoir l'honneur de traiter devant vous : *la classification des sciences du monde matériel*, et que nous intitulerons ici : *Aperçu général des sciences du monde matériel et de leur filiation*. Devenu plus tard professeur, et ayant été obligé d'enseigner successivement diverses sciences, j'ai senti le besoin de revenir à cette

¹ Il n'a été lu de ce travail, en séance, que la première partie, et, dans la seconde, que ce qui a trait à la chimie, à la biologie et à l'art médical.

2-26-34, H2 J,

étude générale, au début de chacun de mes enseignements, afin de comprendre leurs relations et leurs différences et pour diriger en conséquence convenablement mes efforts dans la voie que j'allais parcourir. Ce qui m'a été utile, je veux vous en faire part ; la classification qui, pour moi, a été un guide fidèle, je veux vous la faire connaître. Ce guide avec l'âge a peut-être un peu changé, il est sans doute plus positif, mais ce changement même, le siècle l'a subi, et cela empêchera que vous ne le trouviez par trop suranné. En tout cas, il est sincère, et je m'empresse de dire que ce n'est point un athée. Du reste (laissant là cette figure de rhétorique), établissons dès l'abord ces trois prémisses : 1° Nous devons être ici exclusivement des hommes de science ; 2° je ne prétends m'attacher qu'aux sciences matérielles ; 3° enfin, l'intelligence de l'homme est limitée, de telle sorte que pour les questions à la fois les plus vulgaires et les plus graves nous *ignorons*.

Les mots de *matérialisme* et de *spiritualisme* désignent une application fausse ou exagérée aux phénomènes que ces doctrines prétendent expliquer. Ce sont là des termes de combat et de parti. Car il en est de ces opinions scientifiques comme de celles en politique. La fidélité pour les régimes déchus crée un partisan, la soumission au régime établi fait le patriote. De même, recourir à des causes étrangères aux sciences qu'on étudie, dont on occupe le domaine, cela est inopportun, intempestif, et c'est être homme de parti ; invoquer, au contraire, celles qui leur conviennent, c'est se comporter en savant. A moins que l'on ne considère comme des chimères ce roi, cette république, ou la matière, et que l'on ne fasse bon marché de la patrie ou de la science, il n'y a point de royaliste sous un roi, de républicain sous une république, il n'y a point de matérialiste sous le règne de la matière. C'est ainsi, par exemple, que le P. Secchi n'est pas matérialiste parce qu'il a écrit son livre *De l'unité des forces physiques*, où il ne fait intervenir dans les phénomènes physiques que la matière et le mouvement. La difficulté, dans la série des causes, c'est de s'arrêter à temps, de savoir confesser à propos son ignorance, d'établir la valeur des hypothèses successives, et de montrer où la *croyance* intervient pour reposer enfin notre esprit avide, dans la région de l'intellect, notre cœur tourmenté, dans « la région de l'émotion. »

Mais qui peut arrêter la science et son libre examen? Les questions d'origine n'ont jamais autant fasciné les savants qu'à l'heure actuelle. C'est avec une ardeur fébrile qu'ils fouillent les siècles géologiques accumulés sur nos ancêtres; c'est avec un calme impitoyable que les plus audacieux d'entre eux, détournant nos regards des figures saillantes du tableau, nous montrent les indécisions de leurs contours, non pas pour que nous admirions l'harmonie qu'elles donnent à l'ensemble, mais pour que nous en apercevions l'uniformité. Quelque part que nous jetions les yeux, sur les êtres ou sur les phénomènes, nous ne voyons plus alors que cette unité, à la fois sèche et grandiose. S'agit-il des êtres, le plus élevé que nous connaissons, l'homme, arrive à n'être plus, dans cette induction effrénée, qu'une matière invisible et sans poids. Le transformisme a recueilli des arguments, sinon des preuves, depuis le *Telliamed* et Lamarck, il ne s'arrête pas à nos « frères inférieurs »; de proche en proche il franchit les barrières des embranchements: le singe, l'amphioxus, l'ascidie mènent à la monade. Et si la masse vivante du *protoplasma* s'organise d'elle-même en quelque lieu, au fond des mers, on ne sait où, ce pas décisif de la vie à la matière brute nous mène d'emblée à l'éther impondérable. Il ne suffit pas que ces hypothèses ne soient pas surnaturelles pour qu'on les admette. En attendant, n'est-ce pas assez qu'au lieu de cet Adam jeune et beau, au lieu de cette belle Ève si séduisante de Milton et de Raphaël, nous ayons retiré du sol l'homme mâle et l'homme femelle, nos sauvages parents d'il y a quelques millions d'années! S'agit-il des phénomènes, nous voyons devant l'unité terrible s'enfuir et disparaître l'olympes des demi-dieux et des forces. L'impulsion originelle qui suffit à ce que la matière cristallise peut suffire également à ce qu'elle s'organise et qu'elle vive. Suffit-elle encore à la spontanéité, à la liberté des mouvements, à quel échelon va se montrer l'entité immatérielle? L'âme humaine sera-t-elle atteinte? La cause des causes, Dieu, cependant résiste... Scientifiquement, nous ne connaissons que la matière, ou plutôt les corps, et leurs manifestations, les forces correspondent simplement aux phénomènes que l'analogie a réunis. L'essence ou le principe des choses nous est caché. En dernière analyse, il faut toujours remonter au grand moteur.

Cette étude, comme vous le voyez, est périlleuse. C'est pour-

quoi, sentant notre faiblesse, nous laisserons aux philosophes en renom le soin d'affronter ces dangers sur la mer qui unit les deux mondes, de la *matière* et de la *pensée*. S'il fallait en un tel sujet être dogmatique, je n'aurais jamais mis la main à la plume. Mes forces me trahiraient également si, laissant de côté les hautes spéculations de la philosophie en anthropologie, terme de notre filiation, nous entreprenions de traiter à fond, au commencement, les abstractions des mathématiques. C'est au milieu de la série que nous trouverons les sciences sur lesquelles il nous sera permis d'insister et qui se prêtent au plus grand nombre d'aptitudes : physique, chimie, cristallographie, biologie.

Je mets sous vos yeux le tableau synoptique qui m'a servi déjà en 1862, dans une leçon d'ouverture d'un cours de chimie organique. Séduit d'abord par la classification d'Ampère, dont j'avais adopté, dans un cours de botanique, le point de vue subjectif, j'ai conservé sa division primordiale en *sciences cosmologiques* ou du monde matériel et en *sciences noologiques*¹, ou du monde de la pensée. Puis traitant des sciences de la matière, je suivis, sauf quelques modifications, l'ordre d'Auguste Comte. Ayant été chargé dernièrement par notre honorable directeur, M. Jossic, de la mission que je remplis en ce moment, j'ai dû me mettre au courant de la question dont j'avais fait choix dans les travaux modernes; malheureusement les circonstances ne m'ont permis de le faire que d'une manière incomplète. J'ai pris connaissance, dans la *Revue scientifique*, de la classification de M. Herbert Spencer, classification profonde, très-générale et quelque peu idéale, ainsi que de celle de M. Murphy, à deux séries parallèles telle que la nôtre. Toutes deux s'accordent à commencer par la logique. De fait, la science du raisonnement est bien placée immédiatement avant les mathématiques, mais on en peut dire autant de la grammaire et du langage. Ce sont des moyens généraux qu'il faut acquérir dans toute éducation, dont ils font la base, que cette éducation doive être un jour scientifique ou littéraire. Nous pouvons les supposer acquis. Car il ne s'agit pas ici de suivre l'ordre de l'éducation, mais de se conformer à la nature des objets. En effet, ne sait-on pas que l'on doit cultiver les facultés à mesure qu'elles se réveil-

¹ *Κόσμος*, monde; *λόγος*, théorie; *Νόος*, entendement.

lent, et que cet ordre d'apparition est bien différent de celui de la filiation naturelle ou de l'enchaînement des objets considérés en eux-mêmes? Les auteurs que je cite ont procédé de l'abstrait au concret, nous procédons du général au particulier, ce qui donne des résultats à peu près conformes. Ils n'adoptent pas la division du *corps* et de l'*esprit*, or, c'est à celui-ci que s'applique immédiatement la logique, qui en est pour ainsi dire la géométrie. Il s'ensuit que pour adopter les idées, sans doute progressives, de ces philosophes, nous eussions été entraîné à refaire tout notre échafaudage : nous avons reculé devant ce travail. Il existe bien d'autres classifications encore, celle de M. Chevreul, par exemple, je regrette de n'avoir pu me les procurer. Faute de renseignements bibliographiques suffisants et de méditations assez longues, ce que je vous offre ne peut être qu'un *aperçu*, une simple ébauche. D'un autre côté, le court intervalle d'une séance ne permet guère de donner à un tel sujet tous les développements qu'il mérite. Puissé-je être concis sans fatiguer votre attention (que je vous prie de reposer en me suivant sur le tableau).

Dans une première partie, comprenant les généralités, je traiterai de ce qui est commun aux sciences du monde matériel. Dans la seconde, je tracerai les principaux linéaments de chacune d'elles.

I

Généralités.

Dès les premiers pas, je me trouve arrêté par la définition de la *matière*, l'objet même de notre étude. Faraday n'admettait pas, contrairement à la plupart des physiciens, qu'elle fût étendue et impénétrable. Quelle que soit son essence, c'est elle qui constitue les *corps*. Ces derniers seuls se manifestent à nous par nos sens. Les images sont dues à ce que nous ne voyons pas le corps à la place qu'il occupe, soit que la lumière qu'il envoie à notre œil ne suive pas une ligne droite, et dans ce cas un second corps est interposé, soit que cette lumière ne nous parvienne qu'après que le corps se sera déplacé. Les ombres sont des images négatives nées du contraste : la flamme

d'une simple bougie est *éclairée* par la lumière électrique et fait ombre. Loin que les images et les ombres prouvent contre la matière, elles supposent, à la surface de la terre, où les distances et les vitesses sont insensibles par rapport à la vitesse de la lumière, l'existence de deux corps au moins. Quant aux astres, aucun ne nous paraît à sa place; il se peut même que des étoiles aient disparu depuis longtemps, que nous les voyons encore. Nous vivons dans le monde des illusions, mais des illusions d'optique. Il n'y a donc pas d'image sans corps, et « l'homme qui a perdu son reflet » n'est pas plus impossible. Une surface solide réfléchissante, l'air dans les conditions habituelles, ne se voient pas, mais qui douterait de la corporalité de l'air dans les ouragans? Il ne saurait non plus y avoir de son qui ne soit provoqué par un corps. C'est une aberration moderne que les esprits frappeurs, une honte dans notre siècle que le spiritisme. Gardons-nous de le confondre avec le spiritualisme, hypothèse d'ordre moral de la connexion ici-bas des entités matérielle et immatérielle. Si Tyndall a dit, « il faut bien qu'on sache que le physicien doit être matérialiste, » il ne parle que du savant, non de l'homme tout entier, et nous nous reporterons à l'esprit général des études de la matière que j'ai indiqué ici, de prime abord.

L'induction nous conduit à supposer que les corps lumineux envoient à l'œil des particules matérielles, ou plutôt, par analogie avec le son, qu'ils ébranlent un milieu corporel : ce milieu on l'appelle *ether*; il est hypothétique, mais l'hypothèse est permise ici, parce qu'elle est matérielle. Les vibrations du milieu pondérable ou éthéré ont lieu indépendamment de nos sens, placés là comme sur leur chemin pour en percevoir un certain nombre d'une rapidité convenable, en deçà et au delà desquelles il n'y a, pour nous, ni son ni lumière. Nos sens ne sont donc point parfaits, et nous pourrions aussi en posséder davantage. Quoi que l'on pense de la nature de l'intelligence, nous concevons semblablement des êtres intellectuels supérieurs à l'homme.

« Son intelligence, dit Pascal, tient, dans l'ordre des choses intelligibles, le même rang que son corps dans l'étendue de la nature... La réalité des choses est une sphère infinie dont le centre est partout, la circonférence nulle part... L'être de l'homme n'est pas moins distant du néant d'où il est tiré que

de l'infini où il est englouti. » Nous vivons dans l'infini du temps comme dans l'infini de l'espace. Ces relations de succession et de coexistence ne sauraient se définir; ce sont, pour nous, des intuitions, et ce sont aussi les conditions primordiales d'existence du monde physique. Cependant, M. Helmholtz admet que les notions d'espace et de mouvement (qui contient celle du temps) sont obtenues préalablement par le toucher, et il a démontré que la perception visuelle s'adapte à la perception tactile, et se laisse rectifier par elle.

Ces préliminaires établis, je puis aborder l'explication du tableau que vous avez sous les yeux. Nous distinguerons dans toute science divers points de vue : 1° la *propriété*; par exemple, en géométrie, l'étendue; en chimie, la composition. 2° Les *objets* susceptibles de cette propriété; exemple, en chimie, les corps tangibles; en biologie, les corps organisés. 3° Les *effets* immédiats produits sur les objets par les modifications de la propriété ou par ses manifestations; continuons de prendre la chimie pour exemple, nous aurons la combinaison ou synthèse, la décomposition ou analyse, les changements isomériques; en biologie, c'est la vie. 4° Les *causes* des manifestations. Ici se placent les forces, telles que celle de l'affinité, la force vitale, etc., éternel sujet de discussion, dont j'ai dit un mot, et sur lequel il me faudra revenir. 5° Les espèces d'*unités* qui forment la base des opérations et les individualités les plus réduites : exemple, unités de nombre, de mesure, molécule chimique, cellule vivante. 6° Les moyens d'étude ou *opérations* : observation, expérience, comparaison, calcul. Ce dernier point de vue, essentiellement subjectif, correspond à celui qui a servi de fondement à la classification d'Ampère, subdivisé de même en points de vue *autoptique* ou de la simple inspection; *cryptoristique*, (détermination de ce qui est caché); *troponomique* (lois des changements selon les lieux, les temps et les objets); *cryptologique* : recherche de ce qu'il y a de plus caché, ou simplification des phénomènes par le calcul. — Un point de vue quelconque étant choisi, il faudra logiquement le conserver dans toute la série. Par exemple, à la science des grandeurs, l'arithmologie, il ne faudra pas opposer la chimie, en tant que science expérimentale, mais

comme la science de la composition. Et, réciproquement, à la science de la composition des corps, il ne faudra pas opposer l'arithmologie comme science de calcul.

Les six points de vue que nous venons d'énumérer peuvent se grouper en un seul plus général, relatif à l'observation actuelle de l'univers. Il ne suffit pas de connaître ce qui est actuellement, l'homme aspire à rechercher dans le temps l'origine des choses : c'est ainsi que la cosmogénie, la géogénie et l'anthropogénie doivent couronner l'édifice des sciences cosmologiques ou du monde matériel, dont les mathématiques font la base, en le portant dans les régions élevées de la pensée et en l'unissant, par le point de vue historique et religieux, au monde des sciences nosologiques.

La première considération, la propriété étudiée, permet d'établir dans les sciences matérielles deux grandes coupes, selon que l'on étudie les propriétés des corps en général (*sciences fondamentales*) ou les propriétés particulières des êtres naturels (*sciences naturelles*). Ces dernières sont concrètes, par rapport aux précédentes, dont elles sont des applications, et avec lesquelles elles constituent deux séries parallèles.

Avant de donner aucun détail, il est utile de parcourir rapidement la série des sciences fondamentales, afin de montrer leur progression descendante, quant à la généralité de la qualité des objets, ascendante, quant à l'intimité des rapports de ceux-ci avec l'observateur. De là découle leur dépendance hiérarchique et leur but théorique commun. Quant à l'ordre dans lequel elles doivent être étudiées, des réserves sont à faire.

Les qualités étudiées en premier lieu sont les plus abstraites ou les plus générales. C'est ainsi que, dans les *Mathématiques*¹, sciences des quantités, on considère successivement : la grandeur (*Arithmologie*²), qui convient au temps, à l'espace et aux corps, en un mot, à tout ce qui n'est pas la pensée; puis l'étendue (*Géométrie*³), qui s'applique à l'espace et aux corps, et non au temps; enfin, le mouvement (*Mécanique*⁴), qui suppose l'espace et le temps, mais qui ne peut s'appliquer qu'à la matière. Les moyens d'étude, dans ces sciences, c'est

¹ Μάθημα, instruction.

² Ἀριθμός, nombre, de ἄρω, disposer.

³ Γῆ, terre; μέτρον, mesure.

⁴ Μηχάνη, machine.

le calcul. Les rapports avec les objets sont nuls pour le calculateur ; seulement il soumet à son analyse, dans la physique mathématique, les données fournies par le physicien.

Nos relations avec la matière vont maintenant devenir réelles, et de plus en plus intimes. En *Physique*¹, on embrasse tous les phénomènes qui affectent les sens, sauf ceux qui sont l'objet plus restreint des sciences qui suivent. Or, pour qu'un phénomène nous affecte, il faut que les sens soient mis en contact immédiat avec la matière, d'où naît ou qui transmet cette manifestation, soit un corps solide, liquide ou gazeux en ce qui concerne le toucher et l'ouïe, soit l'éther incoercible qui produit la lumière et le calorique. La *Chimie*² considère la composition, déduite des phénomènes qui altèrent les corps d'une manière permanente (analyse, synthèse, changements isomériques), et non plus passagère comme précédemment. Cette science ne s'applique qu'aux corps tangibles ; l'éther hypothétique, bien que matériel, se trouve éliminé, la chimie ne peut nous dire sa composition. En physique et en chimie, on approfondit la constitution des corps : dans la première, en tant que formés d'atomes (particules dernières insécables) et de molécules (groupements d'atomes) indéterminés et séparés par des vides ou pores ; dans la seconde, comme résultant de l'assemblage de molécules chimiques que l'on cherche à déterminer et à représenter par des formules. Toutes deux sont essentiellement expérimentales, l'observation ne leur suffit pas.

Le point de vue va devenir plus étroit. Dans l'atome physique, dans la molécule chimique, nous n'avons pas considéré la forme : l'individualité la plus réduite prend maintenant une forme déterminée, elle cristallise, et si nous ne la voyons pas directement, cette molécule cristallographique, elle se traduit à nos yeux par son agrégat, le cristal. C'est l'objet de la *Cristallographie*³. Enfin, en *Biologie*⁴, la propriété examinée, l'organisation, est plus limitée encore, elle ne convient qu'aux êtres doués de vie, et les rapports avec les objets sont bien plus directs, car l'individu le plus réduit,

¹ Φύσις, nature, de φύειν, produire.

² Χημία, de χυμός, suc, où mieux χημεία, de Cham, nom porté par l'Égypte (Litté). (Toutes les étymologies consignées dans ce travail sont extraites du Dictionnaire de Litté.)

³ Κρύσταλλος, cristal, glace, de χρῦος, froid ; γράφειν, décrire.

⁴ Βίος, vie.

la cellule, se voit d'une manière immédiate à l'aide du microscope. La cristallographie et la biologie sont des sciences d'observation, non pas exclusivement sans doute, mais ce sont celles qui fournissent le plus à l'observation immédiate. Le calcul intervient dans la première ; dans toutes deux, l'expérience ne peut être poussée aussi loin que pour les précédentes, car il faut respecter la complexité de leurs objets, la forme cristalline ou la vie.

L'ordre dans lequel se succèdent les sept sciences fondamentales que je viens d'énumérer est celui de leur dépendance hiérarchique. Chacune d'elles emprunte des données à celles qui la précèdent et en fournit à celles qui la suivent. Le mathématicien est le seul indépendant ; il peut, s'il le veut, ignorer tout le reste de la série. Le physicien est trop rapproché des mathématiques pour qu'il les néglige. Le physiologiste doit posséder la chimie et la physique, qui se donnent la main ; bien des fois il est obligé de s'adjoindre un chimiste ou un physicien dans ses recherches. Car l'homme n'est pas universel et les savants doivent être frères, comme on dit que les sciences sont sœurs.

Cet ordre est également en rapport avec les tendances de notre esprit, qui n'est satisfait qu'à la condition de ramener les phénomènes observés à des phénomènes plus simples, ce qui revient à remonter la série des sciences. De même que les notions de géométrie sont ramenées à celles plus abstraites des grandeurs, de même l'explication d'un fait que nous a montré l'expérience physique n'est pour nous complète que lorsque nous sommes parvenus à en rapporter la cause à des phénomènes géométriques ou mécaniques. C'est ce qui a été fait depuis longtemps pour le son, et la théorie mécanique de la chaleur ou de la transformation du mouvement impérissable, montre le progrès dans ce sens de la physique moderne. Nous n'avons pas encore réduit dans la mécanique la chimie et à plus forte raison la biologie, qui toutes deux y sont jusqu'à ce jour simplement subordonnées.

Ce n'est que par degrés, et ces degrés sont appelés des *lois*, que l'on remonte cette échelle scientifique. Après avoir établi des *unités* relatives aux phénomènes, unités d'effet ou de travail, soit par exemple, la calorie et le kilogrammètre (1 kilogramme soulevé à 1 mètre), on observe les phénomènes, on

dégage, à l'aide de l'expérience, le fait principal des circonstances accessoires, puis on trace la courbe géométrique, de la loi que souvent le calcul algébrique peut représenter par une formule. Si par la substitution d'un terme à un autre, d'une action calorifique, par exemple, à une action mécanique, le résultat se trouve modifié, il faudra opérer inversement et s'assurer que la modification inverse est égale, de manière à établir l'équivalence des actions différentes ou des forces. On a reconnu qu'une calorie (quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré 1 kilogramme d'eau). équivaut au travail mécanique de 425 kilogrammètres. — La réunion des lois constitue une loi plus générale, un grand fait généralisé, par exemple, la gravitation. Ce fait est un *principe* relativement aux lois partielles. Lorsqu'on ne peut y rapporter les phénomènes, ou si l'on veut remonter plus haut, tout expliquer par le mouvement, par exemple, on imagine des principes hypothétiques, tels que l'éther.

La thermodynamique ayant démontré que la chaleur, mouvement de vibration, se transforme, dans son absorption ou disparition comme chaleur, en un mouvement de translation ou mécanique, et, réciproquement, que ce dernier, empêché par un obstacle, se convertit en un mouvement calorifique, il en résulte que la cause d'un mouvement, c'est un autre mouvement, alors même qu'ils ne sont pas de même ordre (soit de totalité, soit moléculaires et atomiques, de translation ou de vibration longitudinale et transversale).

On a pris souvent comme point de départ dans la démonstration du mot *force* le fait vulgaire d'une impulsion, une chiquenaude, imprimée à une bille, qui se met à rouler; et l'on y a vu : 1° la force motrice; 2° la propriété de la rondeur; 3° le phénomène du mouvement. Telle n'est pas la distinction à faire dans les sciences matérielles concrètes. La bille et sa rondeur, son mouvement sont choses accessoires; ce qu'il faut considérer, c'est, en premier lieu, le moteur ou mouvement primitif de translation passant dans la bille (*force, mécanique*); en second lieu, la destruction de ce mouvement, après une série de décompositions, par les obstacles directs que la bille a rencontrés et par le choc des particules d'air qu'elle a ébranlées, d'où résulte le repos au contact; enfin, le dégagement de chaleur, insensible ici, mais qui serait très-apparent dans le cas d'un brusque arrêt, comme celui d'une balle qui vient s'aplatir.

contre un mur. C'est l'*effet calorifique*. Cet effet devient force à son tour en produisant inversement le mouvement nécessaire pour opérer la séparation des objets au contact. Enfin le contact et la séparation sont des *effets mécaniques*.

Passons aux phénomènes de la chimie. Si nous approchons d'un jet de gaz hydrogène la flamme d'une bougie, le gaz s'allume et *continue* de brûler. Il s'ensuit que cette chaleur lumineuse énorme qui se dégage ne peut être empruntée qu'aux deux gaz, hydrogène et oxygène, qui se combinent, et comme le mouvement (calorifique dans l'exemple choisi) ne peut naître du repos, les particules de ces gaz doivent être douées naturellement d'un *mouvement* inconnu, nous l'appellerons *chimique*. Il joue ici le rôle de *force*. Par la collision des particules, ce mouvement se transforme en chaleur en même temps que leur union produit de l'eau. L'*effet calorifique* devient force comme dans le cas précédent, par la décomposition de l'eau, dans l'électrolyse, par exemple, qui donne lieu à une absorption de chaleur égale à celle qui est dégagée par sa formation. Cette combinaison et cette décomposition sont des effets ou *phénomènes chimiques*.

Jusqu'à quel point peut-on appliquer les mêmes vues aux phénomènes de la vie, qui consistent essentiellement dans la rénovation des organes sans cesse détruits? Personne ne croit plus que la force vitale soit un principe distinct immatériel, un esprit tissant de ses petites mains invisibles la trame des organes et défaisant son ouvrage à la manière de Pénélope, les archées sont allées rejoindre leurs frères, les gnomes et les sylphes. Dire que la force vitale est une propriété, une vertu, c'est n'expliquer rien et tomber dans un cercle vicieux. La force vitale est donc un mouvement, mais un mouvement fort obscur. Nous imaginons difficilement le mécanisme par lequel il prend naissance aux dépens de la chaleur solaire en même temps que le végétal s'accroît, c'est-à-dire, que se transforment en matière vivante les aliments inorganiques, sous l'influence de l'être préexistant.

Toujours est-il que ce qu'on appelle souvent l'emmagasinement de la chaleur, devenant latente, consiste dans sa transformation en un mouvement intestin tout prêt à se manifester de nouveau en chaleur. Ce mouvement caché constitue, selon le P. Secchi, ce que l'on nomme *force virtuelle*, état d'équilibre

dynamique comparable au repos apparent de deux luteurs de force égale.

Si nous reportons les yeux sur le tableau de notre classification, nous pourrions remarquer que dans leur progression les sciences fondamentales ne procèdent pas par sauts brusques : cela est conforme à la connexion des phénomènes naturels. Elles sont reliées entre elles par des *sciences ou études mixtes*. C'est de cette façon que la physique expérimentale est séparée des mathématiques, et qu'entre elle et la chimie se trouvent la *thermochimie*, l'*électrochimie*, l'*analyse spectrale*, etc.

Dans une étude quelconque, il n'est pas nécessaire, ni même naturel d'attendre pour l'appliquer, qu'on ait acquis tous les principes fondamentaux. Ainsi, à peine avez-vous quelques notions d'organographie végétale, vous êtes en mesure de déterminer le nom d'une foule de plantes. On est pressé d'agir. Je rappellerai à ce propos la formule bien connue d'Auguste Comte : « science, d'où prévoyance ; prévoyance, d'où action. » La pratique et la théorie doivent marcher de pair. De même dans l'ensemble des sciences, la science appliquée doit venir aussitôt que les connaissances fondamentales strictement nécessaires sont acquises. Nous placerons donc les *sciences naturelles*¹ en une série parallèle aux sciences fondamentales, de manière que chacune des premières soit en regard de la science fondamentale dont elle dérive immédiatement. C'est pour cela que nous voyons la géographie mathématique, par exemple, au commencement de la série, tandis que la géographie physique est reportée après la zoologie, dépendance de la biologie. La minéralogie est l'application immédiate de la cristallographie, elle se rattache moins directement à la chimie et à la physique.

Et maintenant, faut-il donc, Messieurs, s'astreindre constamment, dans ses études, à l'ordre indiqué par l'enchaînement naturel des connaissances humaines ? Nous devons faire observer, en premier lieu, que les séries linéaires n'existent pas dans la nature, que les divers objets que l'on classe, les êtres matériels, les sciences et nos pensées mêmes, ont des rapports multiples, comme les branches d'un arbre, et qu'on ne saurait

¹ *Natura*, de *na* pour *gna*, sanscrit d'où *gignere*, et *γεννηματι*, et du suffixe *turus*, c'est-à-dire l'engendrant (Littré). Extension ici à tous les corps non artificiels.

attacher à toute classification qu'une valeur relative. En second lieu, les divisions sont faites pour la faiblesse de notre esprit et la durée passagère de notre existence. Si l'étude d'un être quelconque devait être faite à tous les points de vue possible, le moindre brin d'herbe exigerait la science universelle. Et encore, après les efforts combinés des siècles et des hommes, faudrait-il s'incliner et s'écrier avec Linné : dans les choses les plus minimes, quelle inextricable perfection ! Puisque le concours de tous est nécessaire, chacun dans cette œuvre commune doit appliquer les talents que le ciel lui a départis. Or, nous ne nous ressemblons guère à nous-mêmes aux diverses périodes de notre existence, c'est comme s'il y avait en nous plusieurs hommes successifs. Développer au moment opportun la faculté qui apparaît, c'est aussi perfectionner l'instrument qui permettra d'ouvrir d'emblée les portes du sanctuaire.

Dans l'histoire, les grands hommes représentent les idées progressives de cet être collectif qu'on appelle l'humanité. Ils appartiennent à diverses époques. Aussi n'est-il guère possible d'établir entre eux une comparaison instructive, dans le but de déterminer l'influence de la connaissance, d'une science sur la connaissance et le progrès des autres. Ce serait trop souvent l'histoire des erreurs des hommes de génie, dont nulle science ne les met à l'abri.

Les mathématiques, par lesquelles il faut commencer et qui ouvrent la série, sont impuissantes en métaphysique et en religion, et sont loin d'empêcher l'éclosion des systèmes moraux et sociaux, parfois même de ceux physiques, les plus erronés. Laplace disait de Dieu : Nous n'avons pas besoin de cette hypothèse ! chose vraie en mathématique, mais bien peu révérencieuse pour la Divinité. Pascal, si rempli d'admiration pour la géométrie, s'était jeté, en proie au doute inavoué, dans les bras de la foi : cherchant encore des preuves et ne trouvant que des probabilités, il écrivait les lignes pathétiques de ses *Pensées*. Newton, Ampère, Cauchy furent sagement naïfs dans leurs croyances. Ce dernier s'est rencontré avec le physicien Faraday dans la conception trop idéale des centres de forces impersonnelles représentant la matière, qu'il suppose inétendue. Descartes, aussi grand que Newton et Leibnitz, notre Descartes, venu avant ses émules et qui n'eut pas leur longue carrière, devrait être cité plus souvent en France comme le

type du génie, ainsi que le font pour les leurs les Allemands et les Anglais. On a peine à concevoir qu'ayant révolutionné les mathématiques et la philosophie, il ait eu le temps d'être un grand physiologiste. Il faut lui pardonner sa grande erreur de la méthode *a priori* en physique. Képler supposait que des êtres animés présidaient aux mouvements harmoniques des astres qu'il avait dévoilés. On peut juger des erreurs que le cerveau de Newton, généralisateur des lois de Képler et inventeur du calcul infinitésimal, aurait enfantées en métaphysique par ses opinions étranges sur les miracles. Je ne relève pas l'inexactitude, ici particulière, du système de l'émission. Leibnitz, le principal auteur du calcul des infiniment petits, fut sans doute influencé par eux dans ses systèmes incompréhensibles des *monades* et des *harmonies préétablies*. Ainsi la connaissance profonde des mathématiques ne rend point infallible. Dans le champ des idées, où les générations se succèdent, les erreurs sont semées avec les vérités, mais heureusement ces dernières, seules fécondes, finiront par étouffer l'erreur.

D'un autre côté, en présence des découvertes en physique de Newton, de Fresnel, d'Arago, d'Ampère, ce génie universel, on ne peut méconnaître l'heureuse influence des mathématiques. L'analyse des phénomènes biologiques de l'ouïe, de la voix, celle de la vue, a été faite surtout par le mathématicien Helmholtz. Aujourd'hui les mathématiques sont indispensables, depuis que la théorie mécanique de la chaleur domine non-seulement la physique mais toutes les sciences : il est vrai qu'il s'agit ici de leur utilité plutôt que de leur fécondité, puisque cette théorie a été fournie par un observateur, par un médecin, l'allemand Mayer.

Les qualités des naturalistes, ce sont l'observation et la méthode. L'expérience leur a fait longtemps défaut, et le calcul est difficilement applicable à l'objet complexe de leur étude. La comparaison peut les entraîner dans une unité idéale. Ils se montrent les premiers dans l'ordre chronologique, puisque l'homme commence par observer. Souvent ils ont été, en vertu de cette faculté de l'observation, les instigateurs des plus grands progrès dans les sciences mêmes qui précèdent logiquement la leur, témoin Mayer et Galvani. L'observation, le discernement en histoire naturelle, se lient par l'essence de ces facultés

comme par la nature des objets au diagnostic médical. Quant à l'art de la méthode que pratique le naturaliste, il s'applique avec un avantage infini, dit Cuvier, aux études les plus étrangères à l'histoire naturelle. Vous savez quelle a été la part de cet illustre savant dans cette branche de la science, et quelle a été l'influence exercée par le *Genera plantarum* de Jussieu, qui l'avait précédé, sur les sciences d'observation. L'écueil, vraiment fascinateur, c'est de tout réduire à l'unité. Darwin, et avant lui Geoffroy Saint-Hilaire et Lamarck, ont eu pour précurseur et promoteur des idées transformistes Maillet, qui riait le premier de ses rêveries. Avant de les condamner de cette façon, nous remarquerons le chemin que ces idées ont fait dans le public des savants étrangers, et, bien que les faits contre la fixité des espèces ne soient pas assez positifs et probants, le caractère scientifique et la grandeur de l'hypothèse.

Au milieu de la série des sciences (faut-il dire *in medio virtus*), se trouvent placés les physiciens et les chimistes, également éloignés des spéculations philosophiques précédentes sur l'origine des êtres et des abstractions métaphysiques des sciences mathématiques. Le chimiste surtout, voilà l'homme de la matière, il faut qu'il touche, car il n'a affaire qu'à des corps tangibles. Ce scepticisme est de bon aloi. C'est là que la méthode expérimentale, mise en honneur par François Bacon, atteint son apogée. Dans l'ordre d'étude comme dans la série naturelle, la physique doit précéder la chimie. Cependant, la physique autrefois s'égarait, la chimie la redressa. Mais les chimistes, à l'esprit habitué aux choses concrètes, sont portés à matérialiser les phénomènes physiques, le calorique par exemple. De nos jours, les deux sciences se sont trouvées réunies fréquemment chez le même savant (Lavoisier, Gay-Lussac, Faraday, Bunsen, Regnault). Uni au mathématicien Laplace, Lavoisier fit d'admirables travaux de calorimétrie. Par sa foi dans le principe de la conservation de la matière, congénère de son puiné, le principe physique général de la conservation de la force, Lavoisier fonda la chimie moderne. C'est, d'autre part, de l'école des chimistes qu'est sorti le physicien Faraday, le grand inventeur. J'ai déjà parlé de l'intervention des sciences physico-chimiques en biologie. Elle est incessante. Je pourrais citer entre autres, l'art de l'expérience si bien appliqué dans

ces derniers temps, aux générations spontanées et aux fermentations vitales par M. Pasteur.

Comme on le voit, chaque ordre que l'on suit dans l'étude des sciences présente des avantages et des inconvénients, et il semble que l'esprit doive passer et repasser en sens inverse par cette filiation, par cette filière. Toutefois, en raison de la place qu'elles occupent, les mathématiques sont toujours nécessaires, et les savants, les physiciens principalement, qui ne les possèdent pas à un assez haut degré, sont les premiers à le regretter, malgré les découvertes dues à leur génie. Tel a été Faraday, et c'est pourquoi il a voulu se compléter dans son illustre élève, M. Tyndall. Il faut conseiller à ses élèves, à ses fils (ces termes sont synonymes!) d'étudier les mathématiques.

II

Considérations sur chacune des sciences matérielles en particulier.

—

PREMIÈRE SÉRIE

SCIENCES FONDAMENTALES

Messieurs,

J'aborde maintenant la seconde partie de ce travail : *Considérations sur chacune des sciences matérielles en particulier*. Pour me tenir dans les bornes d'un discours et pour ne pas abuser de votre attention, je ne donnerai que de simples indications sur les sciences appliquées, dites *naturelles* (2^e série parallèle du tableau), et je m'en tiendrai presque exclusivement aux sciences fondamentales (colonne n^o 1) que l'on peut envisager tour à tour : 1^o sous les divers aspects que nous y avons distingués (colonnes 3 à 8) ; 2^o dans leurs relations de ressemblances (groupes compris sous les accolades à la gauche du tableau) ; 3^o dans leurs relations de connexion (sciences mixtes, colonne 2) ; 4^o dans les divisions qu'on y peut établir.

La notion la plus abstraite et la plus générale est celle de la

grandeur ou de la quantité : elle peut s'appliquer au temps, à l'espace et aux corps. La science qui correspond à ce point de vue est l'*arithmologie*. Les modifications se bornent à l'augmentation et à la diminution, effets exprimés par les nombres, dont l'unité est arbitraire. Les *nombres* ne s'appliquent pas à ce qui n'est pas susceptible d'être partagé, aux êtres personnels immatériels dont l'existence se trouve dans la croyance des hommes, l'âme humaine et Dieu. Pythagore, bien des siècles avant Leibnitz, employa pour ces unités le mot de *monade*, Dieu étant la monade parfaite. Les phénomènes sont susceptibles d'être représentés par des nombres, après que l'on a établi leur unité. Le vent, par exemple, se mesure par sa vitesse ou par le nombre de tours de l'anémomètre ; la sirène mesure le nombre des vibrations des sons graves et aigus en une seconde ; les rayons du soleil différemment colorés sont exprimés en longueur d'ondulation ou en nombre de vibrations, qu'ils soient lumineux ou calorifiques. Dernièrement on a tenté de formuler en nombres jusqu'à l'intensité des sensations, et de fonder une nouvelle science sous le nom de *psychophysique*. Un phénomène pour ne plus rien laisser de vague à la compréhension, doit en définitive se résoudre en formule. Comme il y a un enchaînement des phénomènes, il y a un enchaînement des formules, jusqu'à l'inconnu d'abord, jusqu'à l'absolu ou inconnaissable ensuite. Tous les éléments des données fournies au calculateur seront séparés par son analyse et arrangés en loi. Là il s'arrête. Il faut que la comparaison ou l'imagination intervienne pour établir une nouvelle vérité, une plus grande généralisation. Puis, dans cette vérité générale, les lois connues se groupent, d'autres lois se découvrent, les exceptions (car il n'y en a pas dans la nature, et nous reviendrons sur ce point) disparaissent et ne sont plus que des perturbations.

Les opérations du calcul se résolvent au fond en des additions et en des soustractions (colonne 5). C'est le cas le plus général, puisque la multiplication, par exemple dans la formation d'une série, s'astreint à composer le nombre donné avec lui-même au lieu d'y ajouter successivement des nombres quelconques. Il faut en dire autant de la division, des puissances, etc. Les nombres sont compris, ainsi que toutes choses, entre l'*infini* absolu, figuré par un 8 horizontal ∞ , et le néant ou le

zéro 0. Nous figurons ces deux « merveilleuses infinités », comme les appelle Pascal, nous ne les concevons pas. « L'imagination se lasse » de chercher le centre de la sphère infinie comme elle se lasse d'en limiter la circonférence. Le repos dans l'enfantement de ces conceptions n'existe pas, l'*infiniment petit et l'infiniment grand* pour le temps, pour l'espace, pour les nombres, est un état dynamique; dans le repos du néant et du zéro, tout se confond, il n'y a plus ni temps, ni espace, ni nombre, ce n'est rien, tandis que l'infini est tout. Un nombre fini est tout devant le zéro; il n'est rien, on peut le négliger devant l'infini. Le zéro, qui est un absolu, n'est pas du même genre que les nombres, qui ne sont que relatifs. Si l'on néglige devant les nombres finis les infiniment petits, ce n'est qu'une approximation au point de vue rigoureusement logique, car c'est comparer un état dynamique à un état statique. — Si le zéro n'est rien, une *quantité négative* est-elle donc moins que rien, et doit-on *a fortiori* la négliger dans les calculs? Non sans doute. Les valeurs positives et négatives sont du même genre, il n'y a entre elles d'autre différence que celle du signe ou du sens.

Les divisions établies en arithmologie se succèdent, dans l'étude, du facile au difficile, au lieu de suivre logiquement l'ordre inverse, du général au particulier et de l'abstrait au concret. Soient deux ou plusieurs nombres, il y a lieu de considérer leur valeur et les signes indiquant la nature de leur liaison. Les valeurs exprimées en chiffres constituent des nombres déterminés sur lesquels portent les opérations de l'*arithmétique*. Veut-on laisser ces nombres indéterminés en les représentant, par exemple, au moyen des lettres de l'alphabet, les opérations ne peuvent être alors qu'indiquées, autrement dit, on opère sur les opérations elles-mêmes, on transforme les signes, en un mot on étudie les relations des nombres donnés. Tel est l'objet de l'*algèbre*¹. Les considérations y sont évidemment plus générales et plus abstraites.

Lorsque les données du problème ou du phénomène ne peuvent être traduites ou exprimées immédiatement en équations sur lesquelles l'*algèbre* puisse opérer ses transformations de manière à dégager l'inconnue, on a recours à l'*analyse trans-*

¹ Arabe, *al*, le, et *djabroun*, réunion de plusieurs parties séparées.

*cedante*¹. Celle-ci consiste à chercher des équations correspondantes entre d'autres quantités auxiliaires liées aux premières, suivant une loi déterminée, et de la relation desquelles on remonte ensuite à celles des grandeurs primitives. On choisit d'ordinaire, avec Leibnitz, pour ces quantités auxiliaires les éléments *infinitement petits* ou les *différentielles* de ces quantités, que l'on rejette comme nulles après les avoir introduites dans le membre connu de l'équation (*calcul différentiel*). L'objet du *calcul intégral* est de remonter des quantités différentielles aux quantités finies d'où elles peuvent provenir.

La seconde science fondamentale est la *géométrie*. L'*étendue* dont elle s'occupe est une qualité moins générale que la grandeur ou quantité, puisqu'elle ne peut s'appliquer au temps, qui est sans dimensions, mais seulement à l'espace et aux corps. Les modifications éprouvées par les objets sont relatives à leur grandeur et à leur forme, et sont exprimées par des mesures de longueur, de superficie ou de solidité. Monge a donné le nom de *géométrie descriptive* à l'ensemble des méthodes de projections, qu'il a réunies en un corps de doctrines et perfectionnées. Les principes de *perspective* y sont compris. La résolution des triangles constitue la *trigonométrie*². Toutes ces études ne sont que des cas particuliers de la géométrie, on ne les considère pas comme des sciences aussi distinctes que celles qui composent l'arithmologie, bien qu'il y ait entre celle-ci des transitions insensibles.

La *géométrie analytique* peut être considérée comme une science mixte, car c'est *l'application de l'algèbre à la géométrie*, et on lui donne aussi cette appellation. L'invention de cette science fut un grand progrès, comme tous ceux qui, permettant de remonter la série, rapprochent le concret de l'abstrait. Elle est due à Viète, le créateur de l'algèbre moderne, né à Fontenay-le-Comte, en 1540. Descartes en fit l'application aux courbes qu'il représenta par des équations.

En arithmétique et en géométrie les changements sont effectués par l'opérateur; ce sont des transformations liées entre elles par le raisonnement; on ne saurait y considérer l'inter-

¹ Ἀναλύω, résoudre, de ἀνά et λύω, délier.

² Ὑπὸ, trois; γωνία, angle.

vention d'une cause matérielle, même fictive. Les données d'un phénomène étant livrées au mathématicien, spécialement et en dernier lieu à l'analyste, il saura en faire sortir comme à l'aide d'un instrument (et de fait il y a des machines à calcul) tout ce qu'elles peuvent fournir.

La *mécanique* est la science du *mouvement*, qualité moins générale que les deux précédentes, puisqu'elle ne peut s'appliquer qu'à la matière, et non au temps ni à l'espace. Les modifications sont relatives à la direction, exprimée par les mesures géométriques, et à la vitesse, dont l'unité est dépendante de l'espace et du temps, plus compliquée par conséquent que les unités qui précèdent. Les causes des modifications ne consistent pas ici seulement dans l'enchaînement des opérations, ce sont des forces, fictives du reste, dont il faut tenir compte ; on peut d'ailleurs donner à l'unité une valeur arbitraire.

On peut diviser la mécanique en trois sciences partielles, selon qu'on étudie : 1° le mouvement en lui-même indépendamment des forces : *Cinématique* (de Κίνημα, mouvement) distinguée par Ampère ; 2° les forces, indépendamment des mouvements, et en tant qu'elles se font équilibre (*statique*¹) ; 3° les relations mutuelles des forces et des mouvements qu'elles produisent (*Dynamique*²). Dans la cinématique, les machines sont considérées comme des instruments à l'aide desquels on peut changer la direction et la vitesse d'un mouvement donné. Le mouvement est représenté en fonction de l'espace et du temps, la vitesse étant l'espace parcouru dans l'unité de temps. C'est ainsi, par exemple, que l'on y formule les lois des mouvements uniforme et varié.

La mécanique emprunte d'ordinaire ses moyens de calcul à l'analyse : on l'appelle *rationnelle*. On pourrait distinguer avec avantage la science théorique sous le nom de *Phoronomie*³ de la science pratique en technologie.

L'arithmologie, la géométrie et la mécanique forment le groupe des sciences mathématiques fondamentales, où les opé-

¹ Στασιμότης, *stase*.

² Δύναμις, *force*.

³ Φορά, action de porter ; νόμος, *loi*.

rations plus ou moins abstraites sont désignées sous le nom de *calcul*.

Les propriétés que nous avons actuellement à examiner ne peuvent être étudiées d'une façon purement abstraite, mais elles exigent l'intervention des sens plus ou moins directe. Il s'agit en effet d'objets réels et non plus sous-entendus, que l'on observe directement ou qui manifestent leur existence par des phénomènes. Ces études constituent les *sciences physiques* en général.

En *physique* proprement dite, où l'on considère les propriétés générales des corps indépendantes de leur nature, ceux-ci peuvent être tangibles, comme les solides, les liquides et les gaz, ou non tangibles, comme l'éther hypothétique. Dans tous les cas, les effets que les objets subissent par les modifications dans les propriétés sont réels et non plus fictifs comme dans les mathématiques. Ce sont des phénomènes qui peuvent être perçus par les sens, soit immédiatement, tels que 1° les mouvements moléculaires des corps produisant tantôt des changements de volume, de forme, d'état, de situation (divisibilité, porosité, cristallisation, liquéfaction, solution, vaporisation, diffusion, solidification, capillarité), tantôt consistant en des vibrations rapides qui affectent l'organe de l'ouïe ou la sensibilité générale; 2° les mouvements de l'éther auxquels sont dues la lumière et la chaleur; soit médiatement, tels que les effets chimiques produits par l'éther dans la portion à vibrations rapides du spectre solaire, ou comme les mouvements provoqués par l'électricité, auxquels il faut joindre sans doute, théoriquement, ceux de la pesanteur. Si les attractions à distance de la pesanteur constituaient un phénomène à part, il faudrait les ranger dans une autre science, et faire de la gravitation une étude ou science fondamentale, à laquelle se rapporterait l'astronomie. Les phénomènes physiques sont expliqués par la notion des atomes ou des molécules en général et des forces d'attraction. L'impénétrabilité absolue et l'étendue sont l'apanage de la matière, et non pas des propriétés des corps, qui sont des agrégats d'atomes et de groupes d'atomes séparés par des pores invisibles. Quant aux forces, nous avons admis que c'étaient des

mouvements antérieurs, soit de rotation, de vibration ou de translation.

L'étude de la diffusion s'ajoutant à celle de la pression et de la densité des gaz est venue, dans ces derniers temps, apporter de nouvelles données aux géomètres pour calculer les éléments de la mécanique moléculaire. Les résultats en sont curieux. La vitesse moyenne par seconde serait, pour la molécule de l'hydrogène par exemple, de près de 2 kilomètres, son trajet sans qu'elle soit heurtée par les autres molécules de 1 cent-millième de millimètre, le nombre de collisions par seconde de 18 billions, son diamètre de 1 cent-millionième de millimètre, son poids quelque chose d'inimaginable, $1/2$ milligramme divisé par 1 suivi de 21 zéros. Que doivent être en présence de pareils résultats (conjecturaux encore il est vrai) sur les molécules chimiques, agrégats elles-mêmes d'atomes élémentaires, les particules de l'éther impondérable où se passent les phénomènes lumineux et calorifiques ! On peut en avoir une idée en comparant leurs vibrations. La vitesse de propagation du son est de 340 mètres par seconde, celle de la lumière est de 77 mille lieues, près d'un million de fois plus grande. Les notes les plus graves ont une longueur d'onde de 10 mètres et correspondent à 34 vibrations par seconde ; les rayons qui représentent les sons graves pour la lumière ont une longueur d'onde de $0^{\text{mm}},006$ —1600 mille fois plus petite, ce qui correspond à 500 trillions de vibrations. — Rapport, 15 trillions. Les notes les plus aiguës étant représentées par une longueur d'onde de $0^{\text{m}},007$ et un nombre de vibrations de 48,000, les rayons violets, comparables aux sons aigus, le sont par une longueur de $0^{\text{mm}},0004$, rapport $\frac{1}{1750}$, et un nombre de 770 trillions, rapport 16 billions. Pour une différence approximative de 48,000 vibrations dans l'air, la différence de longueur d'onde doit être de 10 mètres ; pour une différence de 270 trillions de vibrations lumineuses, il suffit d'une différence d'onde éthérée de 2 dix-millièmes de millimètre ! Nous sommes transportés, avec cet éther, dans un monde de chiffres tout différent. Il est intéressant aussi de comparer l'étendue relative de la gamme perceptible à l'œil et à l'oreille : le rapport pour la lumière est de 1 à $1\frac{1}{2}$; pour les sons, il est de 1 à 1,400. Tout cela tient à la grandeur du facteur vitesse pour la lumière, vis-à-vis duquel les différences

de longueur d'onde et de nombres d'ondulations sont minimes.

Il n'est pas moins vrai que, tout en admirant la délicatesse étonnante de notre rétine, qui nous permet d'apprécier une foule de nuances comprises dans l'intervalle de 2 dix-millièmes de millimètre de longueur d'onde, nous devons reconnaître là combien est borné l'horizon de nos sensations. Le Créateur a bien voulu nous accorder un sens pour nous faire *voir* une portion de cet éther qui vibre : notre sensibilité générale en perçoit une plus grande, qui nous échauffe ; nous savons quelle est son influence sur notre organisation, et principalement sur l'organisation végétale, principe de la vie cosmique. Or il appartient au physicien de suppléer à nos sens, de distinguer la qualité, la couleur des rayons calorifiques et des rayons chimiques, et de prouver que, s'il y a une si intime corrélation des forces physiques, il n'y faut voir que les différents phénomènes ou modes de mouvement plus ou moins rapides d'un même agent.

Puis il appartient au mathématicien de soumettre au calcul, dans la mécanique rationnelle et dans la *physique mathématique*, les éléments les plus simples fournis par les données de la physique expérimentale pour les expliquer et pour les féconder. Nous verrons celle-ci, à son tour, servir de moyen pour la chimie, et combien étroites et nombreuses sont les relations de ces deux sciences sœurs.

La *chimie* est la science de la *composition*. Les modifications que les corps éprouvent dans leur nature chimique ont reçu le nom de réactions, et consistent dans l'analyse, la synthèse et les changements isomériques. Ces derniers phénomènes sont dus à un arrangement différent des molécules constituantes de la molécule chimique. La force agissante qui préside à ces phénomènes a reçu le nom d'*affinité*. Elle a pour caractère de s'exercer sur les parties constituantes des molécules et d'unir les corps hétérogènes ; elle se distingue par là de la cohésion physique, tandis qu'elle a de l'analogie avec les forces électriques. Le chimiste n'opère que sur des corps tangibles ; tous les sens, chez lui, interviennent intérieurement, surtout l'odorat, le goût, utiles au physicien, auquel il suffit de voir et d'entendre.

l'analyse spectrale des astres est une étude commune à ces deux savants. L'éther du chimiste est un liquide sans doute bien subtil; ce n'est pas, tant s'en faut, l'éther incoercible du physicien, dont on admet aujourd'hui l'existence sans l'avoir vu, mais parce qu'il fait voir. Pour le chimiste, ce n'est pas un objet d'étude, c'est un moyen d'action.

Les mouvements auxquels on donne le nom de chaleur, lumière, électricité, provoquent des réactions ou sont provoqués par elles. Lorsque l'électricité désunit les éléments gazeux de l'eau, le courant de chaleur que cette électricité représente est dérivé de la chaleur, est consommée; elle réapparaît comme chaleur ou comme courant électrique de chaleur lorsque l'oxygène et l'hydrogène séparés se combinent. Les rayons lumineux du soleil provoquent des réactions chimiques, telles que la détonation d'un mélange de chlore et d'hydrogène, et la décomposition graduée des agents photographiques. La combustion avec flamme est le degré violent de toutes les oxydations. Étudiés avec soin par Lavoisier, ces phénomènes ont préparé la chimie moderne. En dehors du soufre natif et du fer météorique, tout ce qui brûle nous vient des rayons solaires. On a dit à bon droit qu'ils étaient emmagasinés à l'état de houille dans le sol depuis des millions de siècles. Comment concevoir la résurrection tardive de cette force morte pour les besoins de notre industrie? Et si cette force enterrée n'était pas morte, comment comprendre une telle léthargie? Ce que j'ai dit déjà du mouvement impérissable suffit à l'expliquer. La chaleur des rayons sous l'influence de la végétation verdoyante est absorbée par l'acide carbonique, et se transforme en mouvement chimique insensible et latent nécessaire pour l'existence à l'état de liberté du carbone et de l'oxygène. Ce mouvement, qui serait resté éternel, disparaît à son tour dans le choc des deux atomes, en reproduisant la chaleur primitive. Il est entendu que nous présentons ici la réaction simplifiée, et pour ainsi dire schématique. Ce mouvement chimique correspond à la force de l'affinité.

La chimie a des rapports généraux avec l'histoire naturelle en ce que l'individualité que l'on y considère est déterminée et non pas indéterminée, comme en physique : c'est la molécule chimique, différente pour les divers corps, et figurée par une formule. Il en résulte que les corps bien définis sont sus-

ceptibles ici d'être classés, comme en botanique et en zoologie; seulement, ce ne sont pas des individus visibles que l'on observe directement; ce sont des individus invisibles les molécules, auxquels on a affaire, et si on les voit, c'est par les yeux de l'esprit, par l'expérience : la chimie est, de même que la physique, une science expérimentale. Avant d'établir l'individualité chimique, il faut commencer par obtenir le corps à l'état de pureté absolue, dite chimique, ce que l'on reconnaît par son point constant d'ébullition, ou au moyen des réactifs après des cristallisations répétées, et par la constance des caractères physiques au sortir des épreuves les plus variées qu'il aura subies. L'eau du chimiste n'est pas l'eau pure du vulgaire, c'est de l'eau distillée dans des vases de verre, et bouillie.

La nature de ce travail ne permet pas de décrire les modes de détermination des molécules, ou plutôt de leurs poids relatifs. Je me bornerai aux indications indispensables. Et d'abord l'existence de leurs parties constituantes, les atomes chimiques, a été induite, par Dalton, des combinaisons définies et de la loi des proportions multiples, en vertu de laquelle les quantités d'un même corps formant, avec un second, plusieurs composés, sont entre elles dans les rapports pondéraux simples 1, 2, 3.... Puis Gay-Lussac a fait voir que les combinaisons gazeuses s'effectuent suivant la même loi, et, de plus, selon des rapports simples en volume; car c'est bien en chimie surtout que « tout a été fait avec nombre, poids et mesure. » Alors Avogadro et Ampère sont venus, qui ont établi une hypothèse, et sur cette hypothèse toute notre chimie moderne est fondée : volumes égaux de gaz renfermant le même nombre de molécules. Il s'ensuit que les poids de ces molécules sont proportionnels aux densités gazeuses ou de vapeurs. Alors, connaissant leur composition, les poids de leurs atomes constituants en sont déduits.

Les rapports multiples de combinaison en volumes, ainsi que d'autres considérations, ont mené à distinguer les différentes capacités de combinaison des atomes, propriété qu'on appelle *atomicité*. C'est ainsi qu'un atome ou un volume de chlore peut saturer un seul atome ou un volume d'hydrogène, un atome d'oxygène en prend 2, un atome d'azote en prend 3, un atome de carbone en prend 4.... Chose remarquable, l'ato-

micité varie pour le même élément, mais de deux en deux, elle reste paire ou elle reste impaire. Nous avons cherché, dans le temps, à rendre compte de ce fait par des sous-atomes concrétant les atomicités et s'unissant par deux dans l'intérieur de l'atome. Cette vue n'a pas été admise. Et peut-être ce qu'il y a de mieux, dans le travail que je cite, est-ce d'avoir insisté sur l'exception au fait de la variation par deux de l'atomicité que présente l'azote? Ou il faudra que ce singulier corps se plie un jour à la loi, ou celle-ci devra faire place à une loi plus générale encore. En attendant, elle fournit des données de premier ordre sur les connexions des atomes dans la molécule; elle a permis de figurer ainsi, par exemple, les composés aromatiques.

Le chimiste, aujourd'hui, combine, dans son cabinet, les équations, et prévoit la production d'un composé nouveau, inédit, qu'il n'a plus qu'à réaliser. Il fait évoluer sur le papier les atomes, à la manière d'un général qui dresse ses plans, avant de gagner la bataille sur le terrain du laboratoire.

Le nombre des corps simples est actuellement de plus de 60. Nous sommes loin des quatre éléments métaphysiques d'Aristote. On les représente par leurs initiales dans les formules chimiques, essentiellement concrètes, où chaque symbole indique le poids atomique d'un élément, et dont les équations, écriture abrégée des réactions, doivent satisfaire au principe que rien ne s'est perdu. En algèbre, les lettres, qui sont aussi des abréviations, n'ont que cela de commun avec les lettres employées en chimie; car, loin de figurer un corps et de préciser son poids, elles sont conventionnelles, abstraites, et elles généralisent. Nous ne sommes pas encore à l'époque où l'algèbre, l'analyse, s'appliquera avec fruit, comme elle le fait, dans la science précédente, à la mécanique des molécules chimiques.

Puisqu'il y a, en chimie, une individualité, il doit donc s'y rencontrer, de même que dans les sciences qui suivent, deux parties distinctes, l'une générale, l'autre descriptive: la première, relative aux phénomènes, aux lois, etc.; la deuxième, au classement des espèces. Cependant, contrairement à la cristallographie et à la biologie, nous ne placerons pas la deuxième partie de la chimie dans la seconde série parallèle, parce qu'elle a trait à des produits artificiels. Ceux-ci, d'ailleurs,

peuvent être identiques avec les produits naturels de la minéralogie, mais ils sont obtenus par un moyen quelconque. Ensuite, dans cette dernière science, comme nous le verrons, le point de vue est différent, l'espèce minéralogique n'est pas l'espèce chimique.

Le classement des espèces, en chimie, doit être fait, logiquement, par la considération seule de la constitution des molécules. Il n'y a donc pas lieu de tenir compte, ainsi qu'on le faisait jadis, de l'origine des corps. Par suite, les *chimies minéralogique, végétale, animale*, considérées dans leur partie descriptive, ne forment pas des divisions de cette science, mais des sciences appliquées, ce sont de simples applications de la chimie à la composition des produits minéraux, végétaux et animaux.

Si la division en *chimie inorganique* ou *minérale* et *organique* est généralement admise, cela dépend de l'usage et de la nécessité de se spécialiser. C'est à tort qu'on la fonderait sur l'origine des substances, surtout depuis que M. Berthelot a fait de l'alcool avec des matériaux inorganiques, du fer, du carbonate de baryte, de l'eau, de la potasse, de l'acide sulfurique, du brome et du cuivre. Dira-t-on que la chimie organique est la chimie des radicaux composés? Mais ces radicaux sont imaginaires, et l'on peut semblablement les admettre en chimie minérale. Est-ce la chimie du carbone? Mais il faut y considérer l'hydrogène uni à cet élément : les carbures d'hydrogène forment, en effet, la base de la chimie organique. Seulement, en vertu de la loi des substitutions, le carbone a pu être remplacé par son congénère le silicium, qui est, lui aussi, tétratomique, et l'hydrogène par divers autres corps, tels que l'oxygène, le chlore, les métaux, entre autres.

De ces deux éléments, carbone et hydrogène, quel est ici le plus caractéristique? Chacun y joue son rôle : le premier, par sa capacité de saturation égale à 4, permet la liaison des atomes, la complexité et la diversité des composés organiques; le second est monoatomique, il est vrai, mais il n'a pas d'analogue. Uni au silicium, il donne des sortes de composés organiques; remplacé totalement dans les carbures par de l'oxygène, il en résulte des produits minéraux. Dans la nature, comme composants de l'écorce terrestre, nous voyons les terrains ignés ou cristallins et les terrains neptuniens ou sédimentaires : les premiers

ont pour base, comme roches, les silicates; les seconds, les carbonates. Dans le règne organique, le carbone existe seul, le silicium ne se trouve qu'artificiellement dans des produits analogues. Tous deux sont unis là à l'hydrogène. Le carbone et le silicium sont en quelque façon les substratums de deux éléments sans analogie étroite avec aucun autre, et dont les caractères chimiques sont le plus opposés : l'hydrogène et l'oxygène. Avec celui-ci, on a des composés minéraux, où le silicium joue un rôle dominant. Avec l'hydrogène, on a des composés organiques où le rôle du carbone est presque exclusif. A ceux-ci, naturels ou artificiels, on peut opposer les silicates si complexes des roches primitives. Nous pourrions dire, en conséquence, placés à ce point de vue : la chimie des minéraux est la chimie de l'oxygène; la chimie organique est la chimie de l'hydrogène. A l'état de combinaison se trouvent dans le sol l'oxygène, à sa surface l'hydrogène, *usta et urenda*.

Remarquons, toutefois, que nous nous sommes laissé entraîner par la séduction de l'antithèse, et que nous comparons ici encore les êtres naturels, minéraux et organisés, après avoir rejeté antérieurement la considération de l'origine, qui appartient aux sciences subséquentes, et qui constitue une question d'harmonie cosmique. Au point de vue purement chimique, le rôle de corps brûlé et de corps combustible est subordonné à celui de parenté ou de dérivation. Or le substratum, qui est ici le carbone, dans les carbures d'hydrogène, est, précisément, en vertu de sa moindre combustibilité, l'élément dominant. Il n'y a pas d'analogie entre les hydrogènes carbonés et l'hydrogène sulfuré, par exemple, tandis que cette analogie existe entre les carbures d'hydrogène et le carbure d'oxygène (acide carbonique). Celui-ci, dans les carbonates, est l'acide bibasique de la première famille, correspondant à l'acide oxalique de la deuxième. La chimie dite organique est donc bien véritablement la *chimie du carbone*; seulement, il faut oublier son étymologie.

Les plus grands progrès de la chimie paraissent se rencontrer dans son union avec les sciences voisines, soit avec la cristallographie, qui la suit, et qui vient compléter nos connaissances sur la constitution des corps (*isomorphisme*¹ dans la

¹ ἴσος, égal; μορφή, forme.

détermination des poids atomiques, arrangement des atomes dans les molécules, etc.); soit avec la physique, qui la précède, et lui sert, en outre, de moyen. La *photochimie*¹ est une de nos merveilles; elle a déjà commencé à reproduire les couleurs des objets; l'*analyse spectrale* transporte, pour ainsi dire, notre laboratoire jusqu'aux régions où la vue peut s'étendre. Il est vrai que là nous ne faisons que reconnaître ce que nous avons déjà touché, goûté et senti. L'*électro-chimie*² appartient également aux deux savants, le physicien et le chimiste; Faraday a dit que l'affinité et l'électricité étaient une seule et même chose. Nous avons traduit l'an dernier, dans notre *Coup d'œil historique sur la pile de Volta*, les lois de l'électrolyse en une formule très-générale; il nous a suffi de recourir au langage de l'atonicité. C'est dans cette science mixte, avec les actions électriques lentes, que l'on a commencé de soulever le voile qui cache les procédés de la nature dans la formation des minéraux. C'est à la chaleur surtout que la chimie fait des emprunts. A l'étude des phénomènes qualitatifs de la combustion vient se joindre celle des phénomènes quantitatifs, au double point de vue statique et dynamique. Les poids des atomes avaient été contrôlés et fixés par les chaleurs spécifiques. On poursuit, aujourd'hui, la chaleur, qui se cache et réapparaît tour à tour dans les métamorphoses chimiques; ses transformations et celles de la matière vont de pair dans cette science d'avenir qu'on appelle la *thermochimie*³. En parlant des sciences qui vont suivre, vous verrez les nouvelles relations non moins importantes que la chimie présente avec elles.

On réunit, sous le nom d'histoire naturelle, la connaissance des êtres naturels inorganiques et organisés, comprenant la minéralogie, la botanique et la zoologie. Ces trois sciences, ainsi que l'indique notre tableau, sont rangées dans la série parallèle des sciences appliquées, dites naturelles, et sont concrètes par rapport aux sciences fondamentales, dont elles dérivent

¹ Φῶς, lumière.

² Électricité, de ἤλεκτρον, succin.

³ Θέρμη, chaleur.

plus ou moins immédiatement. Or, ici, ces dernières sont la cristallographie et la biologie. Ce sont les seules dont nous nous occupons pour le moment, les seules que nous groupons sous ce nom : *Histoire naturelle*. Leur caractère commun et distinctif, c'est que l'on y considère la forme des objets. A cet égard, le point de vue de la minéralogie, science secondaire constituant une application immédiate de la cristallographie, en diffère, puisqu'il est moins restreint, et qu'il comprend, en outre de la forme cristalline, la composition chimique.

Nous devons justifier tout d'abord l'établissement de la *cristallographie* comme science fondamentale, distinction que nous avons faite en 1862, à l'ouverture d'un cours de chimie organique, et sur laquelle nous sommes revenu depuis, à diverses reprises, dans nos cours. Quant à son importance, elle n'est pas douteuse, et je citais, pour ma justification et pour ma satisfaction sur ce point, dans une séance de rentrée des cours en 1863, cette phrase d'une note sur le principe universel physique, présentée par M. Lamé à l'Institut il y avait quelques mois : « La cristallographie, où Fresnel a créé la théorie de la lumière, est toujours le laboratoire qu'il faut choisir pour faire marcher la science générale. » Rappelons encore la théorie des noyaux de Laurent, en chimie, noyaux qu'il comparait à la forme primitive ou fondamentale des cristaux. Si elle a fait place à la théorie des types, puis, plus tard, à celle de l'atmicité, plus générale que cette dernière, elles ne sont toutes deux qu'un acheminement à la théorie de Laurent, qui, même aujourd'hui, est prématurée. En effet, les types figurent des systèmes de réactions, l'atmicité représente les connexions des atomes, les noyaux seuls se rapportent à leur disposition réelle dans l'espace. Il faut citer aussi les belles découvertes de M. Pasteur sur la dissymétrie moléculaire. J'en parlerai dans un instant.

Je ne crois pas qu'une classification soit la meilleure parce qu'entre ses divisions se trouve un abîme, et parce que chacune de ces divisions comporte un point de vue différent. Il est dans la nature des choses d'estomper les contours ; et cela est dans la logique, que le point de vue ne doit pas changer, afin que la comparaison se poursuive, et que l'œuvre ait de l'unité. L'abstrait et le concret sont deux points de vue diffé-

rents : vous ne pouvez sauter, dans une même série, de l'un à l'autre ; de telles considérations ne peuvent être invoquées que pour établir des séries parallèles. Mais il sera permis de passer du général au particulier, car il y a là des degrés, des transitions ; peu importe s'il y a coïncidence avec les considérations précédentes, l'idée dominante demeure. Ce n'est point aux limites des divisions que se doivent trouver les caractères tranchés ; ils existent entre les types placés au milieu, ainsi que nous l'enseigne la taxinomie. C'est pourquoi nous avons intitulé ce travail *filiation*, c'est-à-dire enchaînement, non de parenté, sans doute, mais d'analogie. On s'explique pourquoi la cristallographie, où l'on observe (indirectement) des molécules réelles, ne saurait se confondre avec la géométrie, qui traite de la forme mathématique en général. Personne, sans doute, n'a fait une telle confusion. Comment se fait-il que cette science (créée et perfectionnée par Haüy), qui a des lois à elles propres, ne soit pas mieux distinguée dans les classifications, et même élevée au rang des sciences de premier ordre qui lui convient ? Elle n'est point partie accessoire de la minéralogie, car tout ce qui cristallise, artificiel ou naturel, est de son ressort.

Elle est plus particulière, non-seulement que la physique, mais que la chimie même. Il est des corps de formes cristallines incompatibles, et dont la composition chimique est la même, on les appelle *dimorphes* ; on en fait deux espèces en minéralogie, une seule en chimie. C'est ainsi que le spath calcaire rhomboédrique et l'arragonite, en prisme rhomboïdal droit, sont tous deux, pour le chimiste, du carbonate de chaux. Il est, par contre, d'autres corps de composition chimique différente, dont la forme cristalline est semblable, et dont la constitution analogue (même nombre d'atomes, même nombre de molécules d'eau de cristallisation) permet que, cristallisant ensemble, ils se remplacent en proportions indéterminées dans chaque cristal, on les dit corps *isomorphes*. Tels sont les sulfates de zinc, de fer et de cuivre, qu'on appelle vulgairement couperoses blanche, verte et bleue. Or la forme l'emporte si bien sur la composition dans certaines classifications minéralogiques, à mon sens les plus parfaites, que l'on commence par former des groupes avec les substances isomorphes, en sorte que les corps dimorphes appartiennent, malgré leur compo-

tion identique, à deux tribus différentes, voisines, d'ailleurs, et parallèles, comme les séries parallèles qu'on remarque, en botanique, parmi les cryptogames surtout, et en zoologie.

Les corps dont la composition est la même peuvent différer non plus seulement par leur cristallisation incompatible (appartenant à deux types cristallins), mais par leurs propriétés chimiques mêmes, par leurs réactions. On admet que, dans ce cas, les différences sont dues à un arrangement différent des atomes constituants de la molécule chimique : c'est l'*isomérisie*, qui est à la molécule chimique ce que le dimorphisme est à la molécule cristallographique. Mais l'*isomérisie* et le dimorphisme se confondent assez souvent, et il est difficile de tracer la ligne de démarcation entre la molécule chimique et la molécule cristallographique plus complexe, groupements emboîtés que nous admettons par analogie avec les systèmes successifs de l'infiniment grand, satellites, planètes, soleils et voies lactées. D'ailleurs, si la distinction des molécules est impossible ou malaisée, il reste toujours, pour séparer la cristallographie de la chimie, la différence des propriétés étudiées, la composition d'une part, la forme et la structure de l'autre.

C'est donc cette considération de la forme, plus encore que celle de la complexité de l'individu, qui a rapproché dans un même groupe la cristallographie et la biologie, malgré la différence et l'opposition même des objets et des phénomènes. Ces phénomènes sont, en effet, les termes extrêmes de la matière amorphe, colloïdale ou protoplasmique et embryonnaire, qui d'un état dynamique indécis passe à l'état statique et de mort du cristal, ou à l'état de vie de la cellule organisée.

Il est une propriété curieuse et importante, savoir, le pouvoir rotatoire moléculaire, commun à toutes les substances organiques essentielles de la vie ; on l'apprécie au moyen du saccharimètre optique : elle est intimement liée à la cristallisation, à la structure. Je vais en donner une idée, d'après les travaux de M. Pasteur sur la *dissymétrie moléculaire*, complétant les découvertes de plusieurs hommes de génie, Malus, Arago, Biot, Haüy, John Herschell. C'est le complément de l'histoire d'une seule propriété du quartz, où l'on voit que, s'il est des bornes imposées même aux plus grands esprits, ces bornes reculent sans cesse devant leurs efforts successifs. — Quelques définitions sont nécessaires.

Un rayon lumineux tombe sur une glace de verre polie et non étamée en faisant un angle de $33^{\circ} 25'$ avec la surface, il se réfléchit avec un angle égal; il est alors *polarisé* : une deuxième glace, sur laquelle on le reçoit sous le même angle, ne le réfléchit plus lorsqu'elle est tournée de manière que la seconde réflexion se fasse dans un plan perpendiculaire au plan de la première. Celui-ci s'appelle *plan de polarisation*. Mais, si l'on interpose sur le trajet du rayon polarisé une plaque de cristal de roche taillée perpendiculairement à son axe, le rayon (que nous supposons homogène) n'est pas éteint pour une position rectangulaire, et il faut tourner encore plus ou moins la deuxième glace pour obtenir son extinction. Le plan de polarisation est donc dévié, et le quartz jouit donc d'un *pouvoir rotatoire*.

D'un autre côté, il existe des cristaux de cette substance, offrant des facettes obliques sur les angles solides compris entre les faces du prisme hexagonal et de la pyramide qui surmonte chacune des bases; ces facettes obliques sont simples, et par conséquent non symétriques, et tournées tantôt vers la gauche, tantôt vers la droite, pour une même base, soit l'inférieure. Elles sont alternes, laissant intactes 3 arêtes du prisme, en sorte que, si on les prolongeait, elles produiraient, par leur rencontre, un cristal à 6 faces, forme *hémiedrique*¹, c'est-à-dire forme qui n'a que la moitié des faces du double hexaèdre dont elle dérive. C'est ainsi que le tétraèdre régulier est une forme hémiedrique de l'octaèdre régulier, obtenue par le prolongement alternatif de 4 faces. Les 4 faces restantes étant prolongées à leur tour, donneraient un deuxième tétraèdre régulier, situé inversement, mais qui, retourné, coïnciderait avec le premier. Si ces tétraèdres étaient irréguliers, ils seraient encore symétriques, l'un serait l'image de l'autre, vu dans un miroir, mais ils ne coïncideraient pas. C'est ce qui a lieu pour les solides hémiedres du quartz à facettes droites et gauches. — Sous le rapport de la symétrie, on distingue trois sortes de corps : les uns, à deux moitiés semblables, par exemple une feuille, ils coïncident avec leur image sans retournement; les autres, à deux moitiés dissemblables sur un même plan, exemple, les spirales, ils coïncident avec leur image après le retournement; les troisièmes, dissemblables sur deux plans, tels que les hélices, ils ne peuvent coïncider.

¹ *ἡμιὺ*, demi; *ἔδρα*, face.

Or le plan de polarisation est dévié différemment par les plaques de quartz à facettes gauches ou droites, et cette déviation est de même sens que celui des facettes. Ainsi, il y a une liaison intime entre le pouvoir rotatoire et l'hémiédrie non superposable. Ce sont, d'ailleurs, ici les particules cristallines et non les cristaux entiers (qui peuvent ne pas avoir les facettes dévoilant leur structure) qui agissent sur la lumière polarisée. On peut se les représenter comme tordues ou comme formées par des files de molécules disposées en hélices dextrorses (une vis par exemple) ou sinistrorses. Il y a torsion et obliquité relativement à l'axe, ce qui est exprimé par le terme d'*hémiédrie rotatoire oblique*. Si la torsion était perpendiculaire à l'axe, l'*hémiédrie* serait dite *rotatoire horizontale*; alors les formes différentes, étant retournées, coïncideraient comme pour deux spirales.

Eh bien ! le pouvoir rotatoire a été reconnu dans une foule de produits organiques naturels, essence de térébenthine, sucre, camphre, acide tartrique ; et, chose singulière, c'est seulement à l'état de solution, et même en vapeur, comme pour l'essence de térébenthine, ou encore à l'état amorphe, qu'il se montre, et non en cristaux (du moins presque toujours), bien que ceux-ci, par exemple l'acide tartrique, soient dissymétriques, tandis que le quartz perd cette propriété en perdant son état cristallin. L'action de ces substances est donc moléculaire, alors que dans le quartz elle tient à l'arrangement en particules cristallines actives, désagrégées par la dissolution, de molécules inactives. M. Pasteur rend ce dernier fait sensible par la comparaison des particules du quartz avec un escalier tournant (actif) à marches cubiques (inactives). Mais le premier fait n'est pas expliqué. L'hélice de la molécule dissoute se déprimerait-elle, par la cohésion, en une spirale, comme un limaçon se transformant en planorbe ? On objectera que nous retomberons alors dans l'hémiédrie rotatoire horizontale, déviant la lumière, à droite, par une extrémité, et. à gauche, par l'autre. Non, si au lieu d'être orientées de même nos planorbes le sont dans tous les sens. Quant aux hélices, on sait que le sens n'y fait rien, une hélice, examinée par un bout ou par l'autre, reste dextrorse ou sinistrorse.

Ce qu'il y a de remarquable, disait M. Pasteur lors de ces premières recherches, c'est qu'aucun produit artificiel ne jouit

du pouvoir rotatoire moléculaire, cette propriété est, au contraire, commune à tous les principes essentiels de la vie, et l'on peut dire que les principes immédiats qui ne la possèdent pas sont bien plutôt des produits d'excrétion. Faut-il donc invoquer ici le mode d'action des forces naturelles, leur continuité, leur lenteur? Cela est vague. Est-ce un rapprochement forcé, que celui des dispositions analogues de la nature, du test des mollusques qui m'ont servi de comparaison, des tiges volubiles et des vaisseaux spiraux des plantes?

Cependant, cette barrière entre la chimie du laboratoire et la chimie biologique n'était point infranchissable sans doute. Si on avait pu communiquer par la simple cristallisation (du chlorate de soude, par exemple), la polarisation circulaire aux particules cristallines, cela donnait lieu d'espérer qu'un jour on atteindrait les molécules moins complexes qui sont désagrégées dans les solutions, et qu'on fabriquerait artificiellement les produits moléculairement dissymétriques de la nature vivante. Cette espérance a été réalisée dernièrement par M. Jungfleisch. Déjà MM. Perkin et Duppa avaient fabriqué un acide tartrique actif avec de l'acide succinique. Mais celui-ci provient de matières naturelles. Il fallait l'obtenir avec des substances minérales. M. Jungfleisch est parti d'un gaz, celui de l'éclairage, l'éthylène, ou gaz oléfiant, et celui-ci peut lui-même provenir de l'éthylène, que M. Berthelot a formé de toutes pièces dans sa synthèse fondamentale, par l'union directe des éléments carbone et hydrogène. Or, le gaz oléfiant, après diverses transformations, et en passant par l'acide succinique, a fourni définitivement de l'acide tartrique *actif*.

Le nom de *biologie*, science de la vie, dû au naturaliste allemand Treviranus, ne date que du commencement de ce siècle. Il fut bientôt employé par Lamarck. Une dénomination qui embrasse les deux règnes des êtres organisés convenait à ce grand généralisateur. Aug. Comte l'adopta dans sa philosophie positive. La Société de biologie de Paris l'a rendue célèbre. Il est bien remarquable que, tandis que les autres sciences et l'histoire naturelle elle-même se subdivisaient à l'envi, en raison de leurs conquêtes incessantes, on ait créé pour celle-ci une science d'ensemble. Sans doute cela est le résultat de la mé-

thode comparative; cela montre une tendance instinctive de l'esprit vers l'unité; enfin, c'était comme un pressentiment de la nécessité d'une science fondamentale se rattachant aux sciences concrètes de la botanique et de la zoologie.

La biologie étudie les lois de l'organisation et les lois de la vie; elle commence par les établir en groupant les faits, en multipliant les expériences, puis elle cherche plus haut, par la coordination de ces lois, une synthèse générale. L'organisation, c'est la forme vivante, de même que la cristallisation est la forme morte. Son étude constitue le point de vue statique, ce qui n'empêche pas que l'on n'y envisage des métamorphoses, comme cela a lieu en chimie, où toutes substances sont parentes, avec cette différence qu'ici les métamorphoses se font elles-mêmes et sans notre participation. Il suffit d'observer : on voit l'organe dans les êtres que l'on compare, ou dans le même être, se transformer comme un protée; en général un caractère le fait reconnaître, sa situation, ses attaches. On peut suivre aussi son développement et « voir venir ». Puis faisant un retour, en cette dernière étude, sur ce qu'on a vu, on se reporte aux premiers instants de son apparition. L'*anatomie*¹, ou mieux ici la *morphologie*, l'*organogénie*² et l'*embryogénie*³ sont complétées par la *tératologie*⁴. Il n'y a pas de monstres aux yeux de Dieu; les monstruosité, en tératologie, aux yeux du naturaliste, sont soumises aux lois générales; elles ne sont point comparables aux imaginations de la fable, loin de là, elles montrent même parfois le retour au type primitif. Quant aux graves et scabreuses questions d'origine première, comme elles sont de nature hypothétique, comme il s'agit là de savoir ce qui a été, et non pas seulement ce qui est, nous n'avons pas trop de toutes nos connaissances pour les résoudre, ou plutôt pour les entrevoir. L'ontogénie, l'anthropogénie doivent donc être réservées pour plus tard. Mais cela ne signifie pas que l'on n'ait pas ici à trancher de prime abord la question des générations spontanées. Il le faut, pour que l'on sache comment la vie actuelle commence.

L'étude de la vie proprement dite se rapporte au point de vue

¹ Ἀνὰ et τέμνειν, couper.

² Ὀργανον, de ἔργον, faire; γενής, qui engendre.

³ Ἐν, dans; βρύειν, germer.

⁴ Τέρας, monstre.

dynamique de la biologie. On l'appelle *physiologie générale*, et l'on peut en voir un modèle dans les Leçons de M. Cl. Bernard. Ici encore on cherche à ramener les fonctions si variées des appareils et tous les actes des organes à une fonction unique ou dominatrice. Il faut y comprendre, ou, si l'on veut, y ajouter, les rapports des êtres vivants avec le monde extérieur, leurs harmonies cosmiques.

Et d'abord il me semble que l'on doit commencer par examiner, à l'aide de l'observation et de l'expérimentation, les questions fondamentales. Si, par là, nous sommes amenés à rejeter la mutabilité de l'espèce et l'origine minérale de tous les êtres, il s'ensuivra que nous distinguerons deux sortes d'unités : l'unité qui confond toutes choses, l'unité-embryon, concrète, qui se développe et se diversifie, et l'unité qui harmonise, l'unité-plan, abstraite, à laquelle se rapportent les accroissements et la diversité des formes. La première unité satisfait davantage l'esprit scientifique ; mais ses procédés sont des inductions disproportionnées aux faits ; avec la seconde, nous sommes forcés, pour ce qui concerne l'origine de chaque être organisé, d'avouer notre indécision ou de recourir à une cause surnaturelle ; mais si nos ambitions sont plus bornées, nos déductions des faits partiels et généraux sont certaines. D'ailleurs, dans les deux cas, la méthode *à priori* est rejetée.

Je ne prétends pas que le cadre que je vais tracer pour la biologie soit le meilleur : on est assez disposé, en ce qui concerne la méthode que l'on suit, à se faire cette illusion ; il n'aura de valeur qu'autant que je me serai conformé aux idées de deux illustres membres de la société biologique, M. C. Robin, pour l'anatomie, M. Claude Bernard, pour la physiologie.

On ne doit traiter en biologie, considérée comme science fondamentale, que les questions communes aux deux règnes organiques. C'est ainsi qu'ils sont éclairés l'un par l'autre. Dans une première partie, constituant le point de vue statique, il s'agit de l'organisation. Nous pourrions étudier, par exemple, en premier lieu, les *lois des métamorphoses*, en donnant à cette étude le nom de *morphologie*, pris dans sa plus large acception. Elles peuvent s'appliquer à l'être tout entier ou à ses parties. Dans le premier cas, métamorphoses de l'individu, celui-ci doit être considéré comparativement avec d'autres individus, et non dans les changements qu'il subit avec l'âge, qui

appartiennent au point de vue dynamique, et sont du ressort de la physiologie. Or, ces métamorphoses se rapportent à la question si agitée du *transformisme*, dont elles représentent le côté positif, d'observation actuelle et d'expérimentation. Ici se placent les résultats de la domestication des animaux et des plantes cultivées, agricoles et horticoles, les variétés obtenues par sélection artificielle... les tentatives pour l'obtention d'espèces nouvelles. La conclusion de cette première étude, qui est comme une entrée en matière, serait, selon Flourens, que l'espèce est immuable, qu'elle est caractérisée par la fécondité continue, et constitue seule la véritable famille ou de parenté; que le genre est la limite de la parenté, car il est caractérisé, lui, par la fécondité bornée; que si les partisans de la mutabilité des espèces avaient jamais eu un seul fait, ils n'auraient pas manqué de le crier sur les toits. Voilà circonscrite, dès l'abord, pour l'époque actuelle, l'unité naturelle la plus parfaite et la plus visible. Cependant, on a constaté, par cette comparaison, que, s'il n'y a pas transformation réelle des espèces, il y a entre elles des ressemblances qui permettent de les rattacher à un petit nombre de *types*, et qui montrent une tendance à l'uniformité de composition organique.

Dans le second cas, métamorphoses des organes, nous rechercherons le critérium qui les fait reconnaître sous leurs mille déguisements, afin de formuler une loi qui s'applique aux deux règnes. A cet effet, la méthode comparative sera poursuivie partout : comparaison d'un même organe dans les divers êtres et dans les diverses parties du même individu, déviation ou retour au type enseigné par la tératologie, le résultat sera la signification morphologique dévoilée. Nous avons de nombreux modèles de ces études de botanique et de zoologie comparées faites dans le but philosophique de l'établissement d'une loi générale. Dans la première de ces sciences, je citerai la *Morphologie* d'Auguste Saint-Hilaire, élégant commentaire des *Métamorphoses des plantes* de Goëthe. Nous pouvons en dégager une loi de graduation ou de dégradation. Ainsi, par exemple, on voit d'une manière générale passer dans les plantes phanérogames, par des transitions insensibles, la feuille aux bractées, puis aux sépales du calice, aux pétales de la corolle, aux étamines et aux carpelles du pistil, qu'on appelle feuilles carpellaires, et l'on en conclut que tous les organes appendicu-

lares sont des feuilles plus ou moins modifiées. Reste la distinction des appendices et de l'axe. Celui-ci porte ceux-là, et la loi de l'insertion organique, par suite, nous les fera reconnaître. Les ovules sont portés fréquemment par les bords des feuilles carpellaires ; ces bords ne sont donc que des rameaux de l'axe, à moins que, confondant axe et appendices, on ne considère la feuille comme un arbre en espalier, et que l'on n'ait plus besoin du mot spécial de fronde pour désigner les feuilles des fougères. Mais l'insertion n'a pas lieu au hasard, des lois géométriques souvent y président ; de là ressort la considération de type ou *plan de composition*.

Jusque dans les organes, par la loi de balancement, en vertu de laquelle un organe, prenant un développement exagéré, un autre s'atrophie, on rencontre cette loi de Darwin du combat pour la vie chez les animaux qui se dévorent comme chez les hommes qui s'entretuent. D'autre part, il est une loi de parité qui a trait non au volume des organes comme précédemment, mais à leur nombre, et par laquelle il arrive que la naissance d'un organe supplémentaire provoque celle d'un organe semblable dans la position symétrique. Cette loi, qui est une abstraction pour les animaux, est en rapport, dans les végétaux, avec les liens anatomiques. Toutes ces lois nous mettront en garde contre les soudures, les avortements et les autres causes des anomalies qui semblent contraires aux harmonies naturelles. C'est armé dogmatiquement de ces lois abstraites que nous attaquerons plus tard les problèmes concrets de la botanique et de la zoologie, et de leurs divisions.

Il est, en biologie statique, un autre genre de lois : ce sont celles qui sont relatives au développement. Ce qu'il y a de commun aux deux règnes dans les segmentations et les proliférations premières, dans la formation des membranes, s'y rattache ; mais nous touchons ici, par l'*ovogénie* et l'*embryogénie*, à la génération, point de vue dynamique ou physiologique. L'*organogénie* complète, sur la nature des organes, les données fournies par la morphologie ; mais ce n'est point un moyen exclusif (et qu'y a-t-il d'exclusif ?), témoin le terme de *congénial* qu'on y emploie pour désigner ce qui apparaît au commencement tel qu'il en sera plus tard : il ne saurait, en ce cas, y avoir apparition « successive » des faits, mais la comparaison nous reste pour les interprétations. D'ailleurs, ces or-

mes ou ces anomalies congéniales viennent de nos ancêtres. Par suite, on traitera ici de l'hérédité ou des lois du développement relatives à l'être complet.

Les lois relatives à la *composition anatomique* des êtres vivants nous font voir qu'il faut regarder ceux qui paraissent le plus compliqués comme des agrégats. Les matériaux de la substance organisée, les principes immédiats, se combinent pour la constituer. Ainsi se forment les éléments anatomiques amorphes ou figurés, dont la cellule est le terme ultime. La matière animale et la matière végétale peuvent avoir en masse une composition chimique différente, mais il n'en saurait être ainsi quand on examine de près la constitution chimique des parties essentielles. Et, du reste, on devrait le conclure de la similitude de fonction que nous établirons en physiologie. En effet, si la nature morphologique est indépendante des fonctions (feuilles, étamines, pistils; mains, ailes et nageoires), cela ne saurait être dit de la constitution chimique par rapport à la fonction fondamentale. Les cellules peuvent rester isolées ou se réunir en agrégats; elles peuvent se modifier en même temps. Dans ces agrégats, la division du travail peut être plus ou moins grande. Nulle, on n'a affaire qu'à un assemblage, et l'on trouve tous les degrés dans la hiérarchie des unités qui s'échelonnent, entre la collection et l'individualité la mieux caractérisée, la plus autocratiquement organisée.

Comme pour les formes, il y a ici des anomalies; mais elles sont bien plus graves, alors même qu'elles ne consistent qu'en une multiplication insolite de certains éléments anatomiques. Ces anomalies, ces altérations, dans l'individu, du moins animal, constituent des affections morbides. Lorsque les matières organiques, ne vivant plus, se décomposent, c'est alors qu'elles sont funestes, sous forme de miasmes, de contagions, de virus. Mais ici nous sommes en pleine physiologie pathologique.

Je passe maintenant à la seconde partie de la biologie, savoir, l'étude faite au point de vue dynamique des actes ou fonctions de la vie, ou physiologie générale. Nous y distinguerons, comme dans l'étude précédente, en ce qui concerne à la fois les deux règnes, l'être complet et ses parties. La première question est naturellement celle-ci : Comment apparaît actuellement sous nos yeux l'être vivant? Vient-il d'un germe antérieur? Est-il formé de toutes pièces par la rencontre des éléments

minéraux? Peut-il au moins prendre naissance au sein d'une substance organique? A ces questions sur la génération spontanée, l'expérimentation moderne, continuant des expériences antérieures, a répondu nettement. Les organismes vivants, même les plus infimes, selon M. Pasteur, ne naissent même pas de la matière organique, il leur faut un germe préalable. Les arguments contre cette conclusion ne sont, à mon avis, que des preuves négatives.

Il y a plus, le germe de la vie est un œuf, *omne vivum ex ovo*. Les naturalistes modernes ont précisé le sens de cette généralisation de Harvey, si hardie dans ses termes. Le mécanisme de la génération est le même dans les deux règnes. Les parties essentielles de l'œuf sont presque identiques dans tous les êtres végétaux et animaux, supérieurs ou inférieurs. Une semblable segmentation s'observe pour tous après la fécondation. D'autre part, des spermatozoïdes se rencontrent chez les animaux et dans les végétaux, du moins les cryptogames. Une sorte de combinaison physiologique constitue l'acte fécondateur.

Cependant, l'oviparité n'est pas le seul mode de reproduction; des individualités nouvelles, qu'il s'agisse des végétaux ou des animaux (inférieurs), prennent naissance par bourgeonnement et par scission. Est-ce à dire que l'aphorisme d'Harvey doit être ainsi traduit : *Tout être vivant vient d'un germe?* Mais alors quelle analogie peut avoir ce mode général, dérivant immédiatement de la nutrition, avec le précédent? Laquelle de ces deux grandes fonctions est subordonnée à l'autre? Or, voici quelle est la portée scientifique actuelle et le sens précis de ce fameux *omne vivum*...

Et d'abord la reproduction par sexes existe jusque dans les dernières classes, les algues, les infusoires (paramécies). Les plus dégradés seuls semblent, pour le moment, en être dépourvus; au contraire, la reproduction agame ne se montre jamais dans les animaux supérieurs. Enfin, là où les deux modes se rencontrent, ce dernier, déjà reconnu moins général, est évidemment subordonné à la fécondation. Chez les vivipares, et dans le plus grand nombre des ovipares, le jeune qui se développe ne subit que de simples transformations. Des animaux moins élevés, tels que les grenouilles et les papillons, passent par de véritables métamorphoses. Les animaux inférieurs meurent

sans atteindre la forme définitive, mais après avoir produit sans fécondation un nouvel individu semblable à eux, ou plus compliqué; celui-ci, à son tour, peut agir de même, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'un dernier rejeton, pourvu de sexe, mette un terme à cette succession de générations agames et reproduise le premier type. Ce sont là *les générations alternantes*. M. de Quatrefages a nommé ces changements, qui portent sur les générations elles-mêmes, *généagénèse*. On en trouve des exemples dans les pucerons, dans les méduses, ces champignons de la mer, et dans ces arbres marins qu'on nomme des coraux, des polypiers. Ceux-ci rattachent les animaux inférieurs aux végétaux supérieurs, et l'on peut dire, avec M. de Quatrefages, que, si le polype reproducteur s'épanouit comme une fleur animale, la fleur est un polype végétal sexué; par contre, les derniers végétaux se relient par là aux animaux élevés. Les noces des cryptogames sont aujourd'hui les moins secrètes. Les évolutions des anthérozoïdes ont été surprises. Puis on a vu, pour certaines algues, la série des bourgeons agames se terminer par un bourgeon animé qui, se fixant pour germer, passe de la vie animale à la vie végétale, et semble réaliser, sur le porte-objet du microscope, la fable de Philémon et Baucis.

Il ressort bien évidemment des générations alternantes ce fait que nous voulions démontrer, savoir, la subordination de la reproduction par germes et par scission à la génération sexuelle. Dans la chaîne des êtres qui constituent l'espèce immortelle, les anneaux sont rivés par les fécondations, et quand il arrive que ces anneaux mêmes sont discontinus, leurs parties sont unies par les reproductions agames. Celles-ci, qui se confondent avec la nutrition, sont à la fécondation ce que cette dernière est à la création. Puisque la fécondation est une fonction si fondamentale, si générale en même temps, et la plus haute expression de la vie, ne pourrait-il pas se faire qu'elle nous dévoilât les mystères de la nutrition même? Dans ce monde vivant, créé mâle et femelle, ce n'est pas une hypothèse improbable que toutes les cellules ou éléments organiques, de même que les cellules de certaines conferves, réagissent mutuellement par couples pour donner lieu à une reproduction de tissus comme d'individus nouveaux... Au moins y aurait-il, comme l'admet aujourd'hui M. Balbiani, une préfécondation

de l'œuf, résultant du contact de la cellule qu'il appelle embryogène, jouant le rôle actif, et de la vésicule dite germinative de Purkinje. Des faits analogues semblent avoir lieu dans l'ovule des végétaux.

En tout cas, la *nutrition n'est*, selon l'expression de M. Cl. Bernard, *qu'une génération continuée*. Il faut rechercher dans cette autre grande fonction ce qu'il y a de commun à tous les êtres organisés, toujours en vue de l'unité vitale. Car il y a longtemps que Dutrochet a dit : « Il n'y a qu'une seule physiologie. » Cependant, les phénomènes ultimes dans les actes chimiques des végétaux et des animaux, agissant sur l'air d'une manière inverse, avaient fait admettre la dualité de la vie des deux règnes. Parmi les chimistes qui fournirent des arguments contre cette opinion, M. Garreau démontra que, même au soleil, les plantes dégagent de l'acide carbonique. Permettez-moi de vous dire, en passant, que, dans une Note sur une pluie de sucre à l'île de la Réunion (1858), j'avais expliqué, m'appuyant sur ces travaux, l'influence d'autant plus défavorable de l'ombre sur les plantes, que le pays est plus chaud, par l'opposition qui existe dans certaines limites entre l'action de la chaleur, qui favorise le dégagement de l'acide carbonique en usant l'organisme, et l'action chimique des rayons solaires, qui le décompose et favorise le développement. Oserai-je encore rappeler, à ce sujet, ces quelques passages d'un *Coup d'œil sur la chimie physiologique*, que j'ai publié, en 1864, dans nos *Archives* : « Je vais faire en sorte de montrer l'*enchaînement des actes de la vie sur le globe...* » (Ici se trouvent relatés le rôle de combustible des animaux et le rôle réducteur des végétaux)...

« Quelque séduisantes qu'elles soient, les propositions absolues ne conviennent pas à la nature. Si des oxydations se manifestent chez les végétaux, à l'époque de la germination des semences surtout, un phénomène du même genre doit avoir lieu, quoique moins évidemment, dans le premier développement des bourgeons, embryons fixes ; et puis, dans la série des réductions progressives qui constituent la synthèse végétale, sans doute bien des oxydations rétrogrades (qui rappellent de loin les récurrences organogéniques) doivent avoir lieu comme dans le laboratoire du chimiste : *la nécessité de l'intervention incessante de l'oxygène dans les végétaux semble le démon-*

trer... La différence qui se rencontre dans les réactions chimiques des êtres organisés est plus apparente que réelle. Dans tous, une portion des matériaux introduits (ou existant déjà) est brûlée par l'oxygène, après une modification préalable plus ou moins profonde ; mais cette portion est relativement faible chez les végétaux, dont l'accroissement est constant, et où le carbone s'accumule sans cesse...

« Sous le rapport de leur vie chimique, les végétaux et les animaux ne sont point comparés dans des conditions semblables. Il faudrait tenir compte de l'accroissement et surtout de l'activité vitale, en distinguant ces deux ordres de faits. La combustion est la mesure de l'énergie vitale, qui parfois est prédominante aussi dans les végétaux, durant la germination, à la floraison, alors qu'ils se comportent comme des animaux. Enfin, cette distinction des deux règnes, selon les réactions oxydantes ou réductrices, ne se soutient pas pour les ferments, dont les actes nutritifs, sous le nom de fermentations, sont les plus simples de tous. »

Je suis heureux de voir aujourd'hui cette question, qui me préoccupait, définitivement résolue dans le sens que je présentais, grâce à l'esprit d'analyse de notre grand physiologiste, M. Cl. Bernard. Il faut distinguer les lois physiologiques intrinsèques de l'organisme, relatives à la conservation des individus, des causes de destruction qui les entourent, et qui peuvent concourir à la conservation de la vie générale sur le globe. Le mouton n'est pas organisé physiologiquement pour être dévoré par le loup. Une seconde distinction, faite par M. Cl. Bernard, est celle de l'*irritabilité nutritive*, commune à tous les êtres, et conforme au principe de l'*unité vitale* et de l'*irritabilité fonctionnelle*, propriété accessoire, à laquelle se rapporte la *variété vitale*. Il y a ressemblance dans la nutrition, différence dans la fonction. Tous les éléments organiques vivent de même, tous fonctionnent différemment. La physiologie générale est la physiologie cellulaire. « C'est, ajoute l'illustre professeur, dans l'élément dernier des tissus que la physiologie générale a saisi le caractère essentiel de la vie et le secret de son unité... L'irritabilité nutritive consiste dans la faculté que possède tout élément vivant d'être en relation d'échange continu et constant avec le milieu qui le baigne, d'attirer les principes qu'il renferme, de se les incorporer pour

un temps, puis de les rejeter définitivement. C'est la propriété de manifester ce double phénomène de *composition* assimilatrice et de *décomposition* désassimilatrice. L'accomplissement du phénomène s'appelle *nutrition*... Un courant de matière traverse incessamment l'élément anatomique, et le renouvelle molécule à molécule, mouvement que Cuvier nommait *tourbillon vital*... L'irritabilité nutritive exige les mêmes conditions dans la plante que dans l'animal, la présence de l'oxygène, par exemple... Elle a pour caractère d'être permanente, ininterrompue, indispensable, tandis que les manifestations fonctionnelles ont pour caractère d'être intermittentes et subordonnées à l'irritabilité nutritive. »

La respiration est la même pour le végétal et pour l'animal. La réduction de l'acide carbonique au soleil par la plante est un mode particulier d'irritabilité fonctionnelle. C'est une propriété particulière à la matière verte, la *propriété chlorophyllienne*. Mais la chlorophylle en même temps respire, c'est-à-dire dégage de l'acide carbonique. On s'est trompé en identifiant tout le règne végétal avec sa chlorophylle. C'est entre la cellule vivante, végétale ou animale, et cette substance verte qu'est l'opposition chimique d'où résulte l'harmonie cosmique.

La sensibilité, la motilité ne sont pas plus que la respiration le *critérium* exclusif de l'animalité, témoin les zoospores et la sensitive, qui réagit aux excitations et que le chloroforme anesthésie. Je prendrai cette même sensitive pour exemple et pour preuve que l'irritabilité nutritive commande l'irritabilité fonctionnelle et que celle-ci peut être atteinte isolément. M. P. Bert, en insensibilisant cette plante au moyen du chloroforme, a suspendu le mouvement provoqué (soit par l'attouchement) sans toucher au mouvement spontané (c'est-à-dire sans empêcher les folioles de se replier et de sommeiller la nuit). Au contraire, en éclairant d'une façon continue la même plante, il a fait disparaître les mouvements spontanés seuls. Ainsi, que la nuit survienne ou qu'on la touche, la *mimosa pudica* rapproche semblablement ses folioles; mais tandis que dans le premier cas elle dort, dans le second elle ferme pudiquement les yeux. Nous adopterons l'interprétation et la généralisation que donne de ces faits M. Heckel de Montpellier, dans une thèse pour le doctorat ès sciences, qu'il m'a fait l'hon-

neur de me dédier. Le mouvement est une conséquence de la vie, il est aussi général que la chaleur et lui est équivalent, il est lié au dégagement de l'acide carbonique. Obscur d'ordinaire dans les végétaux, il se montre évidemment dans le sommeil d'un grand nombre de feuilles et dans plusieurs organes reproducteurs. Ce mouvement spontané est une manifestation de l'irritabilité nutritive, il résiste aux anesthésiques. Les mouvements provoqués au contraire constituent une manifestation de l'irritabilité fonctionnelle, ils sont empêchés par les agents anesthésiques, sans altération de la plante. Si l'on vient à en forcer la dose, les deux genres de mouvements sont suspendus, mais la plante est altérée.

En outre de la chlorophylle des plantes, décomposant l'acide carbonique exhalé par la respiration animale, des êtres microscopiques contribuent à la conservation de la vie générale sur le globe, par la décomposition des cadavres animaux et végétaux, dont ils empêchent les émanations pestilentiellles. Mais de semblables organismes constitueraient par eux-mêmes de dangereux parasites. Cette *pathologie*¹ des parasites incombe à la biologie parce qu'on la trouve dans les deux règnes.

Pour achever le tableau de la biologie, qui a fixé, en raison de notre spécialité à tous, un peu plus longtemps notre attention que les précédentes sciences fondamentales, il me reste dans une troisième partie, à vous montrer les harmonies de la vie générale sur notre globe.

Il est ici trois choses à considérer : 1° l'être vivant ; 2° le milieu alimentaire ; 3° l'acte vital. Cet acte lui-même est de trois sortes : la réduction chlorophyllienne ; la digestion ; la nutrition ; ce sont les trois temps, les trois phases se succédant selon cet ordre d'énumération, de la vie cosmique ou complète de tous les êtres quelconques.

Commençons par le troisième temps, savoir la nutrition. Tous les êtres organisés, avons-nous dit, accomplissent semblablement au fond cet acte fondamental, tous dégagent de l'acide carbonique, voici l'unique distinction à faire. Pour les êtres inférieurs, l'aliment est extérieur. Pour les êtres supérieurs, l'aliment est intérieur. Je citerai parmi les premiers la levûre de bière, dont l'acte nutritif se confond presque avec

¹ Πάθος, maladie.

une équation chimique. Le globule est mis en présence du sucre, de l'ammoniaque et des phosphates terreux. Avec le premier, il forme de l'alcool, de l'acide carbonique, de l'acide succinique et de la glycérine, qui sont excrétés ; de la cellulose, et des principes organiques ; avec ces derniers et de plus l'ammoniaque et les phosphates, il forme des matières albuminoïdes ; puis, s'assimilant la cellulose et ces matières, il se développe et se multiplie.

Le second temps de l'acte nutritif est la digestion. La fonction manque chez les végétaux mais non les agents digestifs. Les aliments aussi sont les mêmes pour les animaux et pour les végétaux, aliments azotés, aliments gras, aliments féculents, aliments sucrés. Pour les animaux ces aliments sont extérieurs, pour les végétaux ils sont intérieurs, ce sont des réserves que le végétal s'est faites lui-même.

La première phase, le commencement de la vie, est la réduction de l'acide carbonique par la plante verte aux rayons du soleil. Les aliments sont ici de nature minérale. Il se produit, en outre des phénomènes d'accroissement, des substances végétales, destinées à servir de réserve d'aliment interne.

L'harmonie consiste en ce que la première phase (réduction) et la troisième (oxydation) se compensent ; mais d'autres causes d'altération de notre atmosphère interviennent et il y a lieu de se demander si la végétation suffira toujours à établir l'équilibre.

Pour se conformer en outre aux idées d'harmonie progressive, nous devons admettre que la vie sur le globe a commencé par les êtres inférieurs. Les dernières classes de végétaux sont les algues, les champignons et les lichens. Il faut éliminer les champignons, non colorés en vert, vivant en parasites sur les matières organiques et se comportant d'une manière complète dans leur acte respiratoire comme les animaux, dont ils ont presque la composition et la valeur nutritive. Restent les algues vertes, au sein de l'élément aqueux, dans les eaux douces et salées, et les lichens verts, sur l'élément aride et couvrant les rochers ; et, chose remarquable, ces lichens mêmes ne sont qu'un feutrage d'algues et de champignons parasites. Toujours est-il que la vie n'a dû commencer qu'avec la matière verte des plantes infimes avant la venue des grandes fougères. La première cellule de chlorophylle salua l'aurore de la vie sur le globe.

DEUXIÈME SÉRIE (PARALLÈLE)

SCIENCES APPLIQUÉES DITES NATURELLES

Messieurs,

Nous ne donnerons, conformément à ce que nous avons annoncé, que de brèves indications sur chacune des sciences concrètes ou appliquées, formant une série parallèle à la première et qu'on peut nommer *sciences naturelles* si l'on donne à ce nom sa plus large acception.

Les principes de la mécanique peuvent être immédiatement appliqués aux mouvements des corps célestes. De là les dénominations de *Mécanique céleste* ou d'*astronomie mathématique* données à cette partie de la science des astres. L'observation directe n'est ici qu'une donnée première qui sert de base aux calculs, et ceux-ci expliquent l'ordre admirable des cieux et savent le prédire. Il y a plus, une perturbation, une anomalie qu'on n'avait pas encore aperçue se fait remarquer, le calcul s'en empare, et Leverrier trouve une planète « au fond de son écritoire ». Les rôles sont changés, et c'est l'observation qui maintenant vient après le calcul pour confirmer les résultats de cette astronomie des invisibles.

Les mathématiques et l'astronomie servent ensuite de moyens pour la mesure du globe, en *Géographie mathématique*.

A la physique se rattachent immédiatement une foule de questions concernant la constitution des astres, telles que leur lumière et leur chaleur, phénomènes qui peuvent également être considérés dans leurs rapports avec le globe terrestre et appartenir alors à la *Météorologie*¹. Cette science comprend tous les phénomènes physiques du globe. Il est difficile, d'ailleurs, en ce qui concerne l'atmosphère, de ne pas joindre à la connaissance de ses propriétés physiques celle de sa composition, en la rapprochant ainsi des applications de la chimie.

Cette dernière science si puissante apparaît et va désormais

¹ *Μετεωρος*, élevé.

C. DELAUAUD.

dominer l'étude des sciences naturelles que nous n'avons pas encore nommées. Elle peut même nous fournir des renseignements sur la nature des astéroïdes tombés du ciel, dont la connaissance est plutôt de l'astronomie que de la météorologie; et du reste, bien qu'elle ne puisse agir que sur des corps tangibles, ses moyens combinés avec ceux de la physique, dans l'admirable procédé d'analyse spectrale de MM. Bansen et Kirchhoff, nous ont appris, entre autres, la composition chimique de l'atmosphère solaire, qui renferme du sodium, du fer, du nickel, du chrome, du zinc, du cuivre, de l'hydrogène, et ne contient ni aluminium, ni or, ni platine, ni antimoine, ni argent.

Nous avons dit amplement déjà comment la cristallographie avait la *Minéralogie*¹ sous sa dépendance immédiate, et par les efforts que nous avons dû faire pour séparer l'individu ou molécule cristallographique de la molécule chimique, vous avez vu combien l'intervention de la chimie en minéralogie était grande. A son tour la minéralogie est la base de l'étude des roches²; qui ne diffèrent elles-mêmes des minéraux que par le point de vue sous lequel on les considère, c'est-à-dire, comme éléments de la croûte terrestre. Et en raison de ce point de vue plus compliqué, il peut arriver que deux ou plusieurs espèces de roches correspondent à une seule espèce minéralogique, comme nous avons vu deux de ces dernières correspondre à une seule espèce chimique. C'est ainsi que le carbonate de chaux des chimistes comprend deux espèces pour le minéralogiste, le spath calcaire et l'aragonite, et qu'on peut rapporter à la première, le spath ou calcaire rhomboédrique, les deux espèces de roches, par exemple, le calcaire sédimentaire et le calcaire métamorphique (tel que les marbres blancs saccharoïdes).

A la biologie se rapporte la science concrète des êtres organisés. Nous devons tout d'abord les caractériser comme tels et les distinguer des minéraux dans leur organisation (structure, forme) et dans leur existence (origine, accroissement et fin).

¹ *Minera*, minière.

² L'étude des roches a reçu parfois le nom d'*oryctognosie*, mais cette dénomination comprendrait alors, et surtout conformément à l'étymologie, les roches fossilifères, et nous n'avons encore en vue pour le moment que les roches inorganiques. Ὀρυκτός, fossile; γνῶσις, connaissance.

Une autre distinction sera faite ensuite pour séparer les végétaux et les animaux. Il est des êtres pour lesquels elle est si difficile, que des naturalistes en ont fait un règne intermédiaire. Nous savons aussi que certains d'entre eux semblent appartenir successivement aux deux règnes, et que le mouvement animé est fort répandu dans les végétaux.

En *Botanique*¹, on étudie 1° le végétal d'une manière générale, soit au point de vue statique, dans son organisation (anatomie et organogénie; organographie et tératologie), soit au point de vue dynamique, dans ses actes (physiologie). 2° On décrit et on classe les végétaux considérés comme êtres distincts. La *phytographie* est la distinction analytique des espèces et des groupes, qu'elle décrit et qu'elle nomme, on y comprend les mœurs et l'habitat des plantes. La *taxonomie* (ou mieux selon Littré *taxinomie*²) est une étude synthétique et comparative à laquelle se rapporte l'établissement des systèmes artificiels et des méthodes naturelles où domine le principe de la subordination des caractères dans la formation des divers groupes successifs, embranchements, classes, ordres et genres, fondés sur l'unité spécifique. 3° Les végétaux peuvent subir des altérations de tissus et de fonctions, ils sont sujets à des maladies, causées soit par les circonstances cosmiques (pluie, sécheresse) soit par des parasites de nature végétale ou animale (pathologie végétale).

Les divisions établies en *Zoologie*³ sont correspondantes à celles de la botanique. Les animaux présentent une plus grande division du travail et surtout une localisation des fonctions bien plus marquée que dans les plantes. Étudiés d'une manière générale, ils feront l'objet de l'anatomie générale et descriptive, en ce qui concerne leurs parties de plus en plus complexes, et de la physiologie pour leurs fonctions. Il est un système, absent chez le végétal, et auquel sont dus les phénomènes de motilité, de sensibilité et d'intelligence, c'est le système nerveux. Le degré ou la nature de l'intelligence de l'homme le caractérise. Les animaux envisagés comme êtres distincts comportent les études suivantes : la zoographie ou description des animaux et des groupes que l'on y a établis par

¹ Βότανη, plante.

² Ταξίς, arrangement.

³ Ζῳον, animal, de ζῶω, vivre.

l'art de la méthode en taxonomie. C'est pour eux surtout, qu'il ne suffit pas d'une description anatomique, il faut y joindre, avec la physiologie de leurs fonctions, la peinture de leurs mœurs, de leur caractère moral, dans le genre de celles qui ont illustré Buffon. En raison de leur organisation plus compliquée que celle des plantes, les animaux sont sujets à une foule de maladies variées, leur pathologie est très-riche. L'art vétérinaire s'y rapporte en ce qui concerne les animaux domestiques, l'art médical pour ce qui a trait à l'homme.

Mais l'homme n'est pas seulement à la tête, il est au-dessus des animaux, il les domine par son port, par son intelligence, par sa puissance. Répandu sur la surface entière du globe, il détruit les espèces malfaisantes de notre faune actuelle. Il se détruit lui-même dans les combats, cependant il continue de multiplier son espèce. Bien qu'on dise, « le genre humain », on ne saurait dire que l'homme multiplie son genre. C'est que le mot espèce, non celui de genre, entraîne l'idée de fécondité, à laquelle est subordonnée la considération de similitude. Les naturalistes qui, jaloux de la dignité de l'homme, ont fait le « règne humain » l'ont rempli de cette seule espèce. En tout cas, il convient de l'étudier à part. De nos jours l'*Anthropologie*¹ est en grand honneur. A cette histoire naturelle de l'homme se rapportent les variétés de sa conformation anatomique, de son langage, des races et des peuples, ainsi que ses restes et ceux de son industrie antéhistorique enfouis dans le sol. Une semblable monographie appartient à diverses divisions des connaissances humaines : zoologie, paléontologie, ethnologie, glossologie, archéologie.

L'*art médical*² exige la connaissance fondamentale de l'anatomie et de la physiologie humaine. Ces deux sciences sont éclairées à leur tour par la pathologie. En raison de l'influence réciproque du moral et du physique, il faut que le médecin n'ignore pas la psychologie. Si la cause prochaine des maladies est une altération des organes, cette altération a été amenée fréquemment par le trouble des fonctions du système nerveux sous l'influence dominatrice des passions. Un rien suffit pour abattre l'homme et le conduire rapidement à la mort, un rien suffit à le relever, la joie lui redonne la vie ; le moindre souffle

¹ *Ἀνθρωπος*, homme.

² Médecine, de *μῆδεσται*, avoir soin

agite ce « roseau pensant ». Dans le cerveau, que de drames se passent ! Si ce n'est pas connaître nos organes que de n'en connaître que l'état sain, comme a dit Flourens citant Morgagni, en sorte que par un juste retour la pathologie éclaire la physiologie, on peut dire, ce n'est pas connaître la maladie que de s'arrêter à ses causes prochaines : en remontant plus haut il se peut que le mal soit coupé dans sa racine, c'est-à-dire que, la cause première enlevée, les symptômes alarmants disparaissent comme par enchantement. Le médecin du corps le doit être aussi de l'âme. Dans l'art vétérinaire, il est un élément précieux de diagnostic, qui fait défaut, la parole. Dans l'art médical, il y a un élément de trop, la passion ; il faut la combattre ou s'en servir. Cette introduction dans le monde de la pensée de l'art médical, qui a sa base, d'autre part, dans les sciences profondément matérielles de la physique et de la chimie, fait voir à la fois son étendue et sa haute portée.

Ces données acquises, trois sciences se rattachent immédiatement à la médecine : prévenir le mal (*Hygiène*¹) ; le reconnaître, le décrire, le classer, comme une entité, et la liste en est longue des entités morbides, c'est l'objet de la *Nosographie*² ; enfin, le guérir, soit avec connaissance de cause ou chimiquement, soit d'une manière empirique, et dans ce dernier cas encore, si nous ne savons pas *cur opium facit dormire*, nous avons trouvé ce qui dans l'opium fait dormir : tels sont les bienfaits de la *Thérapeutique*³.

Après ce que je viens de dire de l'importance et de la dignité de la médecine, sa place et son étendue importent peu dans la classification des sciences, il n'est pas nécessaire qu'elle occupe, comme dans celle d'Ampère, le quart du monde matériel et fasse tout un embranchement, de même qu'il importe peu que l'homme constitue un règne ou une espèce, ou que la chimie organique soit comme un bourgeonnement de la chimie générale, et l'histoire des carbures d'hydrogène. La considération de la dépendance hiérarchique nous guide seule, et si les sciences primaires sont plus générales ou plus abstraites, les sciences secondaires sont plus complexes et exigent aussi chez les hommes qui s'y adonnent, en même temps que des notions

¹ Ὑγιαίνειν, se bien porter.

² Νόσος, maladie.

³ Θεραπεύειν, soigner.

sur les précédentes, l'exercice des plus nobles facultés de l'esprit.

Revenons à notre tableau pour le compléter. Nous avons déjà étudié le globe au point de vue mathématique d'abord, minéralogique ensuite ; et nous avons été en mesure, avec Elie de Beaumont, de découvrir les grandes lois qui ont présidé à la formation de ses rides, de ses chaînes de montagnes. Il s'agit là de *géographie physique*. Il faut y ajouter, à présent que nous possédons les données nécessaires, la distribution à la surface du globe des végétaux qui en forment l'ornément et des animaux qui le peuplent et l'animent. L'œuvre de la création actuelle sera alors connue tout entière.

Mais nos investigations, pour satisfaire davantage notre esprit, vont maintenant fouiller le sol, étudier et classer, en *Géologie*, les *terrains*, dont nous ne connaissions encore que les soulèvements et les déchirures. Ce n'est pas (au point de vue de la science pure auquel nous sommes ici placés), pour en retirer des métaux précieux, c'est pour savoir, pour connaître, pour établir des lois d'abord, après quoi nous verrons, faisant intervenir notre imagination, à nous délecter dans la recherche des grandes causes, ou, faisant intervenir notre intérêt et nos besoins, à nous réjouir dans notre bien-être.

Ces terrains si profondément enfoncés, que nous mettons à nu, ont été, comme autrefois Herculaneum et Pompéi, à la surface, éclairés par le soleil vivifiant ; tout un monde y a vécu, aujourd'hui éteint et fossilé, lentement ou violemment enterré par les révolutions du globe. Cette *paléontologie*¹, véritable étude archéologique, ne se borne pas à fournir des caractères distinctifs pour les couches successives, elle fournit des médailles pour que nous puissions reconstituer les temps préhistoriques. L'homme lui-même ou les restes de son industrie ont été trouvés dans les couches quaternaires et ternaïres. Faible en présence des gigantesques animaux antédiluviens, il a osé les combattre, et alors que ceux-ci s'éteignaient dans leur race et sans retour, l'espèce humaine triomphait des siècles géologiques.

Nous avons dit dès le commencement que, par une tendance invincible, l'esprit de l'homme recherchait la cause première. Il sait bien que la science est comme une île au milieu de la-

¹ Παλαιοί, ancien.

quelle il est placé, mais il veut, par toutes les routes, se rapprocher du rivage, où il sait bien aussi qu'il rencontrera la mer infranchissable et sans bornes; au moins ce rivage, qui est la philosophie des sciences, le console de son exil! C'est à cet ordre de connaissances ayant rapport à l'origine de l'univers que se rattache, en premier lieu, la *cosmogénie*, ou l'origine des astres, de notre système solaire, pour laquelle Laplace a émis une hypothèse plausible et nécessairement grandiose. En second lieu viendra l'origine de notre globe (*Géogénie*), les causes de sa forme, la question du feu central et tout ce qui tient à cette origine première. Enfin, non contents d'avoir restauré les âges éteints, de les avoir figurés comme si nous devions aller chasser au ptérodactyle dans ces marais et dans ces bois imaginaires, nous voulons surprendre l'espèce à son berceau. Nous avons vu le tableau de la création commencer de s'achever avec ces êtres éteints comblant les intervalles de nos embranchements mêmes, de nos types les plus accusés, et nous sommes portés à confondre l'unité harmonique avec l'unité concrète, ancestrale. Ainsi cette harmonie fait notre joie et notre tourment. A quel échelon, si le plan est incliné, va se montrer la divinité créatrice? Toutes nos connaissances humaines du monde matériel viennent donc converger vers la *paléontogénie* et l'*anthropogénie*, qui n'en sont pas le dernier mot, mais la dernière question.

Il fut un temps, Messieurs, au moyen âge, dans les siècles de croyance et de scolastique, où le professeur était mis en demeure par ses élèves de faire sa profession de foi sur l'âme. Rigoureusement, dans les études médicales, tout en tenant compte, comme je l'ai dit, des phénomènes psychiques, on doit réserver cette question. Hypothèse scientifique, cette entité immatérielle est une vérité pour la foi. A vouloir l'établir par le raisonnement, on se butte à droite et à gauche à des impossibilités. La pensée consomme du calorique comme tout autre mouvement. Mais de quel genre est donc cette sorte de mouvement qui correspond à la liberté d'agir, et comment cette liberté découle-t-elle de l'inertie fatale de la matière? En quoi que ce soit nous ne concluons jamais à considérer les transitions, le jour décline peu à peu et fait place à la nuit, est-ce

donc que la nuit et le jour sont une seule et même chose? Vous pourrez trouver des êtres humains dégradés et des animaux fort intelligents, mais rapprochez de ceux-ci un Pascal, un Newton, un Ampère! L'homme est bien véritablement le diamant dans la nature, diamant brut que taille le frottement de ses semblables et qui réfléchit la lumière divine! L'homme, les hommes, Dieu, c'est là aussi une progression qui, étant admise dans le monde de la pensée, dans les *sciences Noologiques* d'Ampère, sous les noms de *Psychologie*¹, *Sociologie*², *Théologie*³ (celle-ci prise dans un sens général), offre au moins l'avantage, abstraction faite des entités immatérielles, d'unir l'intellect au sentiment, le cerveau au cœur, et la science à la croyance au lieu de faire celles-ci indépendantes ou hostiles.

Je réclame, Messieurs, toute votre indulgence pour avoir eu la témérité d'aborder un sujet si difficile, sur lequel se sont exercés des hommes de grand talent et de génie, et d'y avoir apporté quelques modifications. N'attachez pas à cet essai de ma part une valeur absolue : chacun dans de semblables matières doit pour se les assimiler y mettre du sien. Et maintenant que votre attention est appelée sur ce sujet fondamental, traitez-le à votre tour, en un simple sommaire, en un tableau synoptique; faites autrement, et vous ferez mieux, parce que ce sera votre ouvrage et que vous aurez façonné à votre guise le guide qui doit vous conduire dans tous les détours de la carrière scientifique où vous entrez.

¹ Ψυχή, âme, souffle.

² Socius, social.

³ Θεός, Dieu.

Extrait des *Archives de médecine navale*, t. XXIV — Décembre 1875

Tome XXV — Janvier 1876.

Éditées par J.-B. Baillière et Fils.

CAUSES.

CAUSES PARTICULIÈRES DES ÊTRES NATURELS (APPLICATIONS
CAUSES) OU **SCIENCES NATURELLES.**

CAUSES
PRINCIPALES
DES
MANIFESTATIONS
DE LA
PROPRIÉTÉ

6

Arbitraire.

Origine de l'univers.

COSMOGÉNIE.

Origine du globe.

GÉOGÉNIE.

Origine des êtres.

PALÉONTOGÉNIE.

ANTHROPOGÉNIE.

QUESTIONS OU DU





BULLETIN MENSUEL
DES NOUVELLES PUBLICATIONS DE LA LIBRAIRIE
DE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
Rue Hautefeuille, 19, près le boulevard Saint-Germain, à Paris.

NOUVEAUX ÉLÉMENTS
DE
PHYSIOLOGIE HUMAINE

COMPRENANT

LES PRINCIPES DE LA PHYSIOLOGIE COMPARÉE ET DE LA PHYSIOLOGIE GÉNÉRAL

Par **M. H. BEAUNIS**

Professeur de physiologie à la Faculté de médecine de Nancy.

1876, 1 vol. in-8 de 114 pages, avec 82 figures. Cartonné. — 14 fr.

LEÇONS
SUR LA
CHALEUR ANIMALE

SUR LES EFFETS DE LA CHALEUR ET SUR LA FIÈVRE

Par **M. Claude BERNARD**

Membre de l'Institut de France (Académie des sciences), professeur de physiologie
au Collège de France et au Muséum d'histoire naturelle.

Paris, 1876, 1 vol. in-8 de 474 pages. 3 fr.

LEÇONS SUR LES ANESTHÉSIIQUES
ET SUR L'ASPHYXIE

Par **Claude BERNARD**

Paris, 1874, 1 vol. in-8 avec figures. — 7 fr.

INTRODUCTION A L'ÉTUDE DE LA
MÉDECINE EXPÉRIMENTALE

PAR **CLAUDE BERNARD**

Paris, 1865, in-8 de 400 pages. — Prix : 7 fr.

LEÇONS DE PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

Par **CLAUDE BERNARD.**

1871, 1 vol. in-8 de 604 pages. — 7 francs.

BERNARD (Claude). *Leçons de physiologie expérimentale appliquées à la médecine faites au collège de France.* Paris, 1855-1856, 2 vol. in-8, avec 100 figures. 14 fr.

— *Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses* Paris, 1857, 1 vol. in-8, avec 32 figures. 7 fr.

— *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux.* Paris' 1858, avec 79 figures. 14 fr.

— *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme.* Paris, 1859, 2 vol. in-8, avec figures. 14 fr.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE.

LECONS SUR LES HUMEURS NORMALES ET MORBIDES DU CORPS DE L'HOMME

professées à la Faculté de médecine de Paris

par CH. ROBIN

Professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Institut
et de l'Académie de médecine.

Seconde édition, corrigée et augmentée.

Paris, 1874: 1 vol. in-8 de 1008 pages, avec fig. Cartonné : 18 fr.

MÉMOIRE

SUR LE

DÉVELOPPEMENT EMBRYOGÉNIQUE

DES HIRUDINÉES

Par Ch. ROBIN

1876, in-4, 472 pages avec 19 planches lithographiées. . . . 20 fr.

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE CELLULAIRES

ou des cellules animales et végétales,

du protoplasma et des éléments normaux et pathologiques qui en dérivent.

Par Ch. ROBIN

Paris, 1873, 1 vol. in-8 de xxxviii-640 pages avec 83 figures. Cartonné : 16 fr.

TRAITÉ DU MICROSCOPE

Son mode d'emploi,

Ses applications à l'étude des injections, à l'anatomie humaine et comparée,

à l'anatomie médico-chirurgicale,

à l'histoire naturelle animale et végétale et à l'économie agricole,

par CH. ROBIN

1871, 1 vol. in-8 de 1028 pages, avec 317 figures et 3 planches.
Cartonné : 20 fr.

BEALE. *De l'urine, des dépôts ordinaires et des calculs*, de leur composition chimique, de leurs caractères physiologiques et pathologiques et des indications thérapeutiques qu'ils fournissent dans le traitement des maladies, traduit par les docteurs Auguste Ollivier et Georges Bergeron. 1 vol. in-18 Jésus de 540 pages, avec 136 figures. 7 fr.

MULLER. *Manuel de physiologie*, par J. Muller, traduit de l'allemand sur la dernière édition, par A.-J.-L. Jourdan, deuxième édition revue et annotée par E. Littré, avec 320 figures, et de 4 planches. 2 forts vol. gr. in-8. 20 fr.

ROBIN (Ch.). *Mémoire sur l'évolution de la notocorde*, des cavités des disques intervertébraux et de leur contenu gélatineux. In-4 de 212 pages, avec 12 planches. 12 fr.

ROBIN (Ch.). *Histoire naturelle des végétaux parasites* qui croissent sur l'homme et les animaux vivants. In-8 de 700 pages avec atlas de 15 planches en partie coloriées. 16 fr.

ROBIN (Ch.). *Programme du cours d'histologie* professé à la Faculté de médecine de Paris. Deuxième édition, revue et développée. Paris, 1870, in-8 de xl-416 pages. 6 fr.

ROBIN et VERDEIL. *Traité de chimie anatomique et physiologique*, normale et pathologique, ou des principes immédiats normaux et morbides qui constituent le corps de l'homme et des mammifères. 3 forts volumes in-8, avec atlas de 46 planches en partie coloriées. 36 fr.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE.

TRAITÉ D'HISTOLOGIE PATHOLOGIQUEPar le docteur **RINDFLEISCH**

Professeur d'anatomie pathologique à l'Université de Bonn

TRADUIT DE LA SECONDE ÉDITION ALLEMANDE ET ANNOTÉ

Par le docteur **Frédéric GROSS**

Professeur agrégé de la Faculté de médecine de Nancy

1873. 1 grand vol. in-8 de 740 pages, avec 268 figures. — 14 fr.

Le *Traité d'histologie pathologique* de Rindfleisch a été écrit dans le laboratoire, à l'aide du microscope, et n'est pas une compilation de cabinet.

« Les recherches microscopiques, dit l'auteur, grâce auxquelles l'histologie normale vint compléter l'anatomie de Vésale, devaient nécessairement aussi enrichir l'anatomie pathologique; mais on s'aperçut bientôt que l'histologie pathologique avait à remplir, par rapport à l'anatomie pathologique, un rôle tout différent et plus important que l'histologie normale par rapport à l'anatomie normale. L'histologie pathologique démontre que les altérations macroscopiques des organes, les augmentations et les diminutions de volume, les indurations, les ramollissements, les changements de couleur, etc., dépendent de certaines transformations de leurs parties élémentaires et les explique à l'aide des dernières. Elle devient ainsi non-seulement une partie intégrante, mais la base proprement dite de l'anatomie pathologique. »

Tel est le point de vue auquel Rindfleisch s'est placé dans son ouvrage. Telle est la raison, dit-il, pour laquelle l'histologie pathologique y occupe le premier rang et l'anatomie pathologique seulement le second.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE D'HISTOLOGIE HUMAINE
NORMALE ET PATHOLOGIQUE

PRÉCÉDÉ D'UN EXPOSÉ DES MOYENS D'OBSERVER AU MICROSCOPE

par le docteur **C. MOREL**.

Professeur à la Faculté de médecine de Nancy.

1864, 1 vol. in-8, avec 34 belles planches destinées d'après nature

par le Docteur **A. VILLEMIN**:

Professeur à l'École du Val-de-Grâce.

Prix : 12 francs.

ÉTUDES SUR LA TUBERCULOSEPREUVES RATIONNELLES EXPÉRIMENTALES DE SA SPÉCIFICITÉ
ET DE SON INOCULABILITÉpar le Docteur **J.-A. VILLEMIN**.

Professeur à l'École du Val-de-Grâce.

1868, 1 vol. in-8 de 640 pages. — 8 fr.

LA PATHOLOGIE CELLULAIRE

BASÉE SUR L'ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE ET PATHOLOGIQUE DES TISSUS

par **Rudolf VIRCHOW**

Professeur à la Faculté de Berlin, directeur de l'Institut pathologique de cette ville.

TRADUCTION FRANÇAISE FAITE SOUS LES YEUX DE L'AUTEUR

Par le docteur **Paul PICARD**Quatrième édition, revue et corrigée, par le docteur **Is. STRAUS**

Chef de clinique de la Faculté de médecine de Paris.

Paris, 1874, 1 vol. in-8 de xxiv-584 pages, avec 153 figures. — 9 fr.

ROBIN (Ch.). Mémoire sur les objets qui peuvent être conservés en préparations microscopiques, transparentes et opaques. Paris, 1856, in-8. 2 fr.

ROBIN (Ch.). Mémoire contenant la description anatomo-pathologique des diverses espèces de cataractes capsulaires et lenticulaires. Paris, 1859, in-4 de 62 pages. 2 fr.

ROBIN (Ch.). Mémoire sur les modifications de la muqueuse utérine pendant et après la grossesse. Paris, 1864, in-4 avec 5 planches lithogr. 4 fr. 50

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE.